



الإنشاءات المدنية المتميزة

مهندس استشاري
محمود حسين مصيلحي



دار الكتب العلمية
للنشر والتوزيع
القاهرة

المنهجية العلمية
Scientific Book House

٢٧٩٥٤٢٢٩
www.sbh-egypt.com
e-mail : sbh@link.net

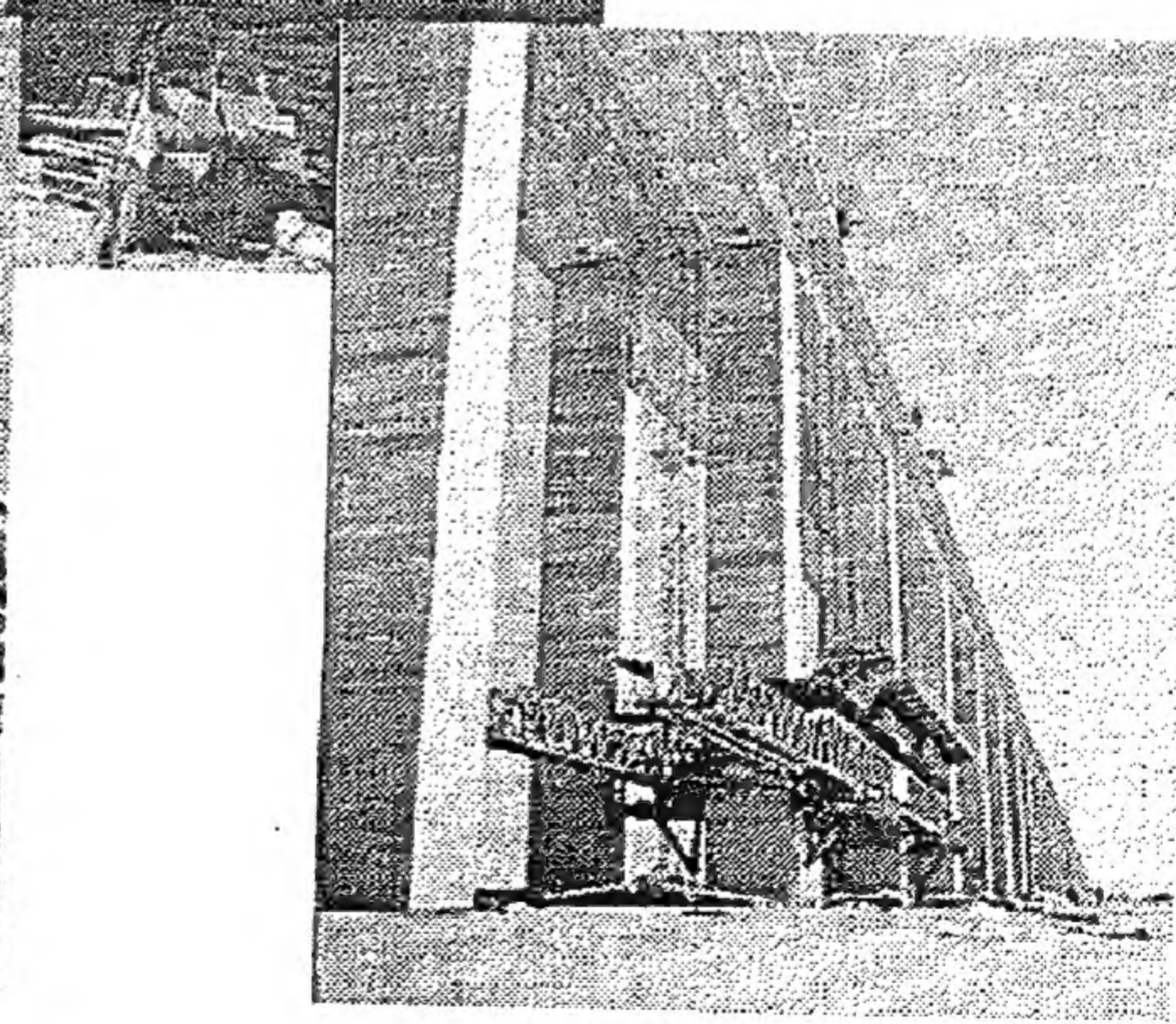
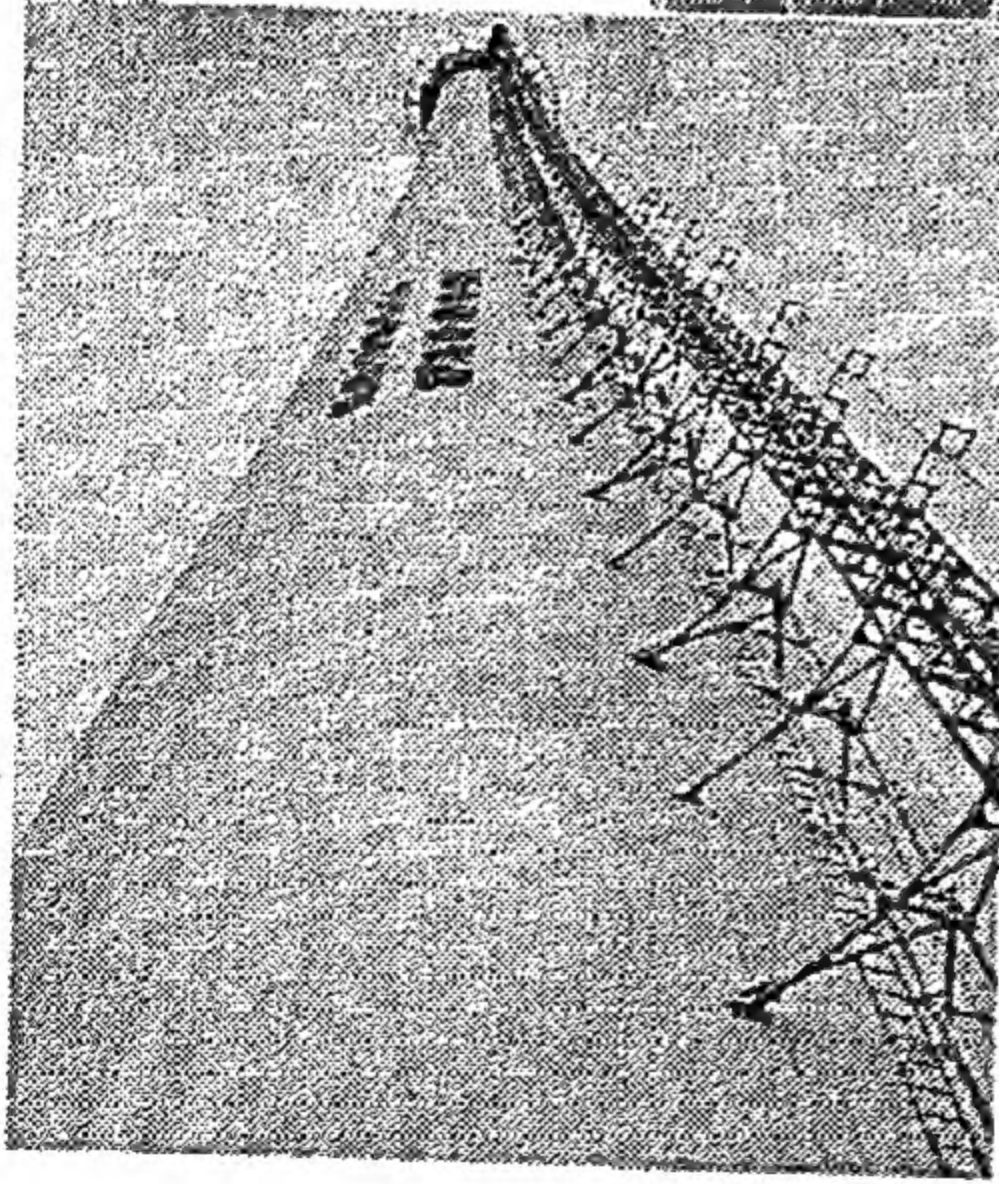
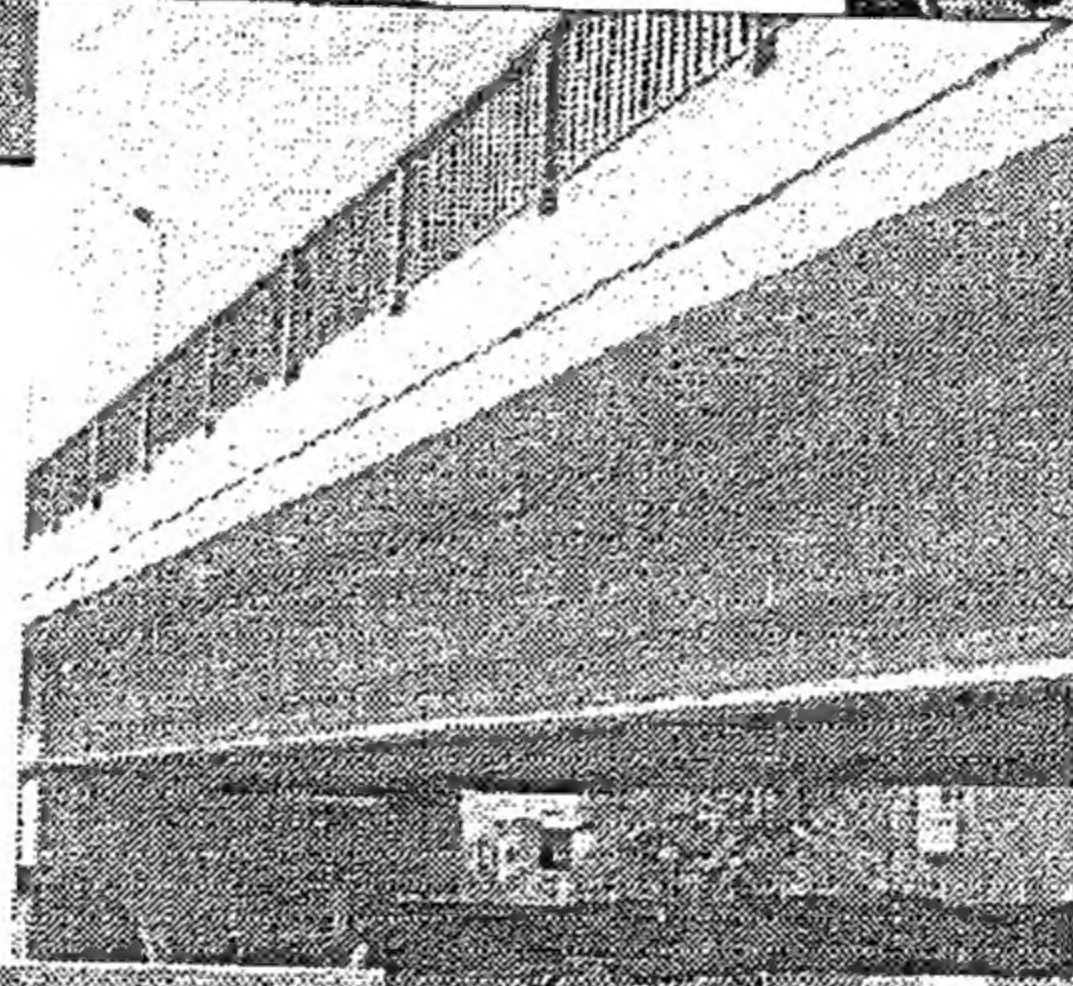
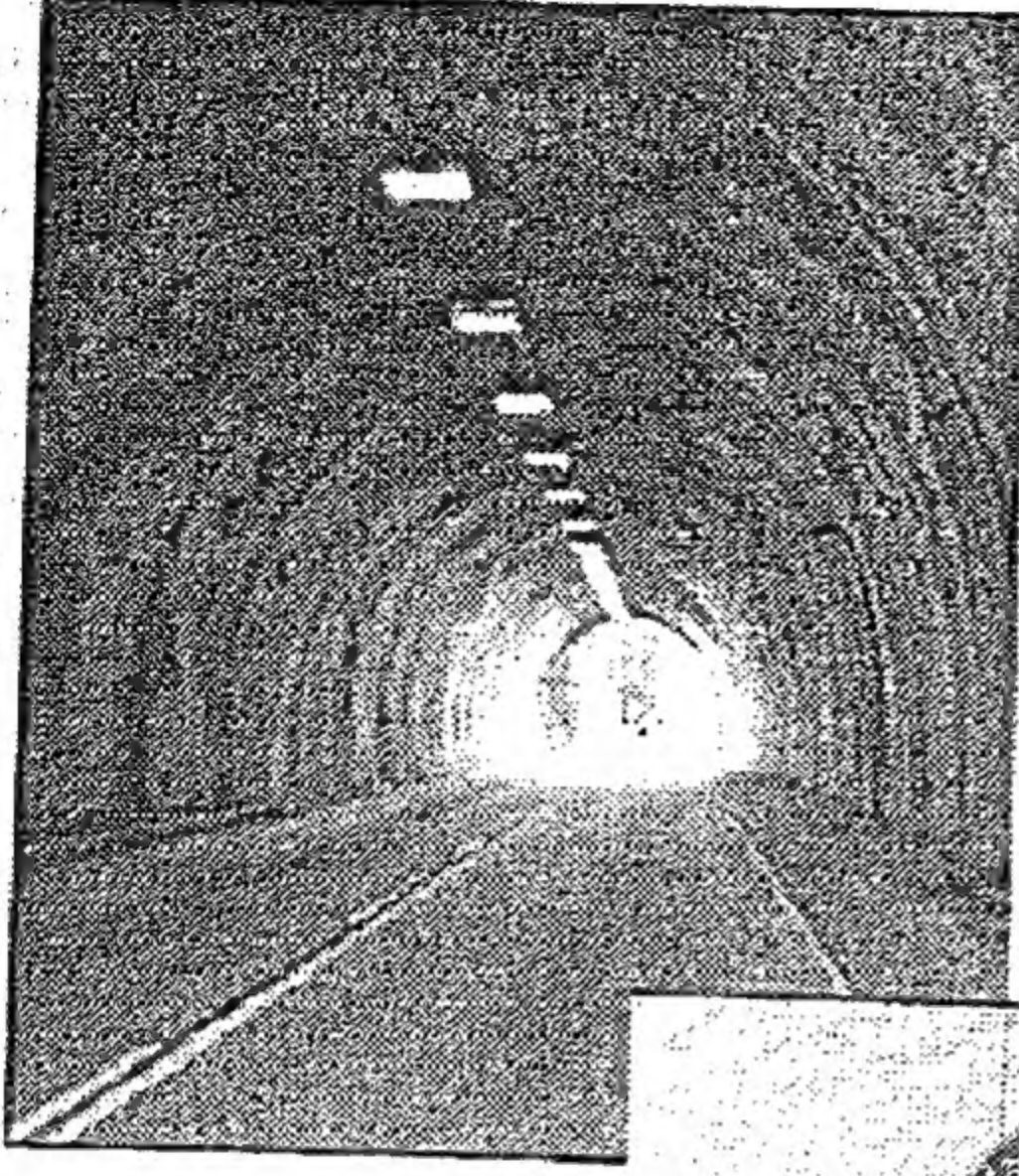
القاهرة - شارع رجب الشاذلي - ٥٠ شارع

المنشأة العلمية
Scientific Book House

٢٧٩٥٣٢٢٩ ☎
www.sbh-egypt.com
e-mail : sbh@link.net

القاهرة - شارع رجب الشاذلي - شارع ٣٠

الإنشاءات المدنية المتميزة



مهندس استشاري

محمود حسين مصيلحي

المدير العام (السابق) بشركة المقاولون العرب

الكتاب :	الإنشاءات المدنية المتميزة
المؤلف :	م. محمود حسين مصيلحي
الناشر :	دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - القاهرة
المقاس :	٢٤ X ١٧
عدد الصفحات :	٥٦٠
الطبعة :	الأولى
رقم الإيداع :	٢٠٠٩/٩١٠١
ردمك :	٩٧٨ ٩٧٧ ٢٨٧ ٩٠٢ ٦

الخراج الفني وتصميم الغلاف : جمال خليفة
المونتاج الفني : محمد حسنى

© حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة لدار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - ٢٠٠٩

لا يجوز نشر جزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو اختصاره بقصد الطباعة أو اختزان مادته العلمية أو نقله بأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو خلاف ذلك دون موافقة خطيه من الناشر مقدماً .

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

٥٠ شارع الشيخ ربحان - عابدين - القاهرة

٢٧٩٥٤٢٢٩ - ٢٧٩٤٨٦١٩ ☎

فاكس: ٢٧٩٢٨٩٨٠

لمزيد من المعلومات يرجى زيارة موقعنا على الإنترنت

www.sbhegypt.org

e-mail : sbh@link.net

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

مُتَكَلِّمًا

يتناول هذا الكتاب (الإنشاءات المدنية المتميزة) شرحا وافيا لطرق التنفيذ للمشروعات المتميزة والتي تحتاج الي خبرات خاصة مثل الكباري والأنفاق و التي أصبحت تحتل جزءا كبيرا من اهتمامات الدولة و التي - بجانب ذلك - تعود بالنفع علي الأخوة زملاء المهنة من المهندسين .

كما يتناول الكتاب شرحا لطرق تكنولوجية لبعض الصعاب الهندسية التي تواجه المهندس مثل الرفع الثقيل للمنشآت مثل الكباري والخزانات والتي تساعد المهندس بدرجة كبيرة في إيجاد الحلول في التنفيذ , و أيضا مثل الأسقف الخرسانية المرفوعة والشدات المنزلقة والتي تساهم في جودة فائقة للأعمال بجانب سرعة التنفيذ .

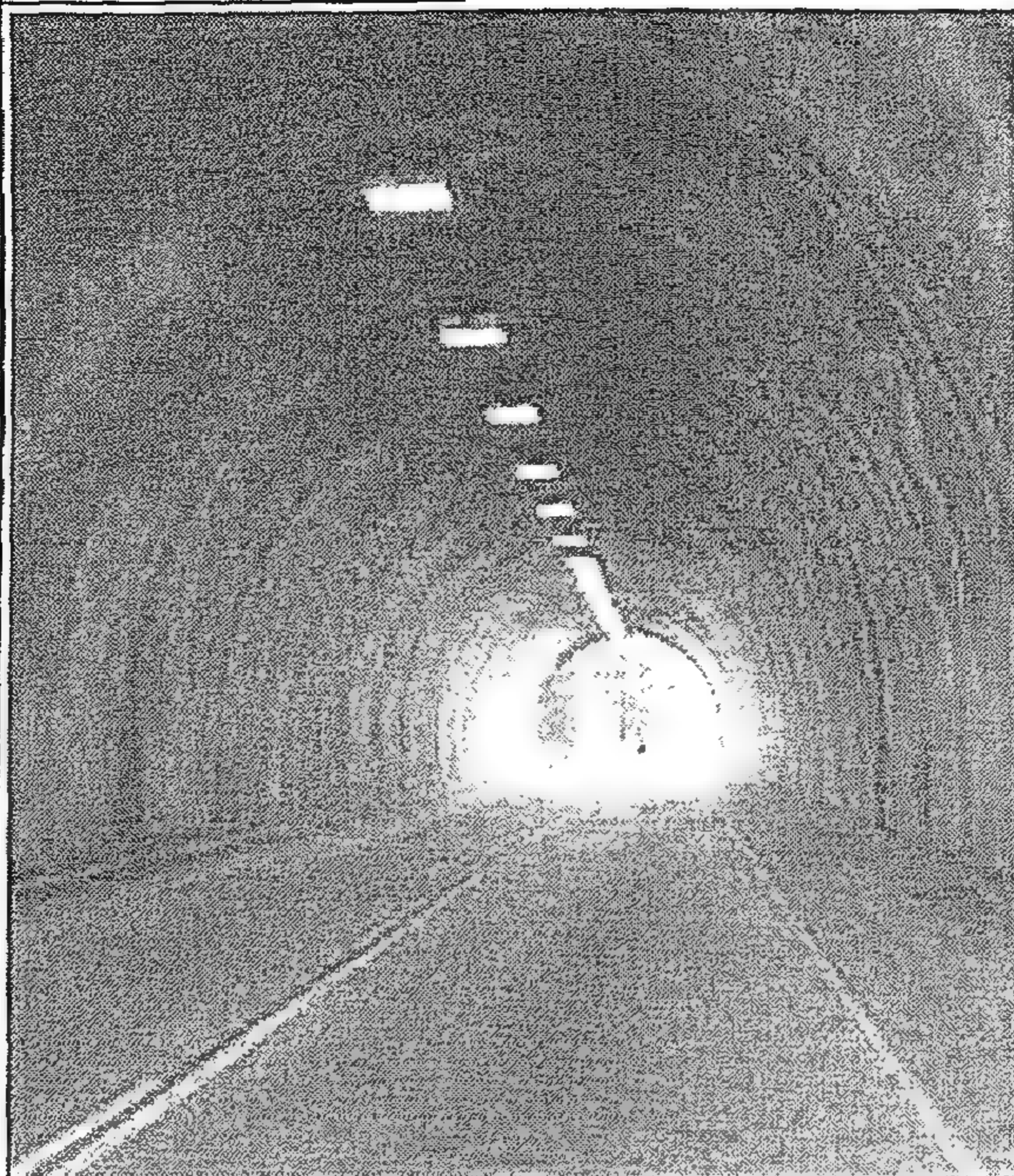
ولحسن الحظ , فإن هذه التقنيات يتم تنفيذها بسواعد وخبرات مصرية خالصة و أن لها الشركات القائمة عليها .

أرجو أن أكون قد ساهمت بقدر في تنمية الفكر الهندسي لأخواني الزملاء .

1

الإنشاءات المتميزة

مخاضها وانشائها



الباب الأول

تخطيط الأنفاق

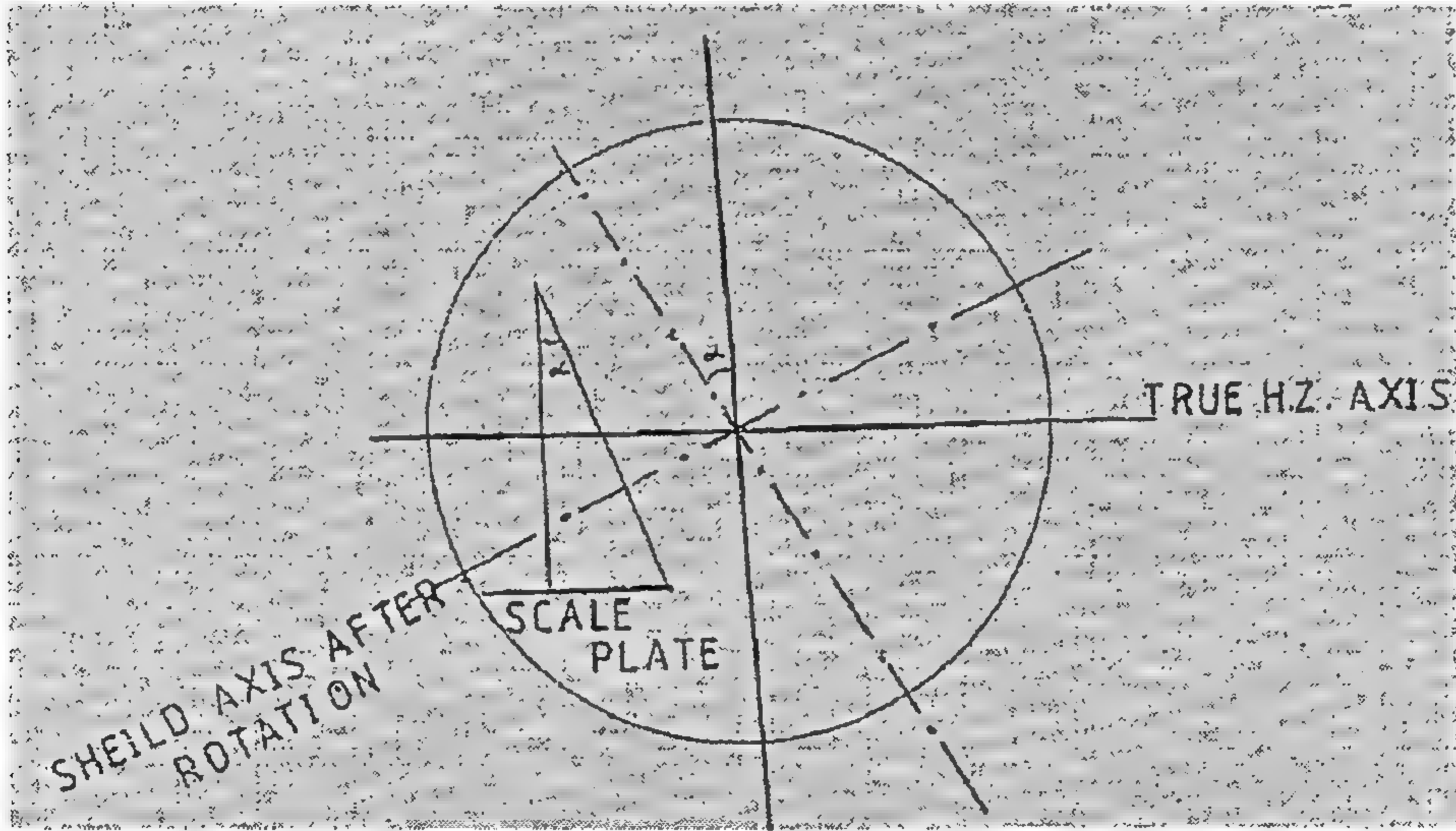
الأعمال المساحية و تخطيط محور النفق :

قبل الخوض في أي تفاصيل - يجب معرفة بعض التعريفات :

١ - زاوية دوران الدرع (مقدمة الحفارة) : Roll

هي حركة دوران الدرع حول المحور الأفقي (دوران الدرع حول نفسها) . و يمكن قياس هذه الزاوية عن طريق البليته و خيط الشاغول المثبتين بالدرع . و يفضل دائما أن تكون زاوية الدوران = صفر و ذلك حتي يمكن تلاشي ما قد يحدث من الحركات الأخرى .

و يفضل أن يكون طول خيط الشاغول مساويا لنصف قطر الدرع حتي يعطي أنطباع حقيقي لقيمه هذا الانحراف - شكل (١) .



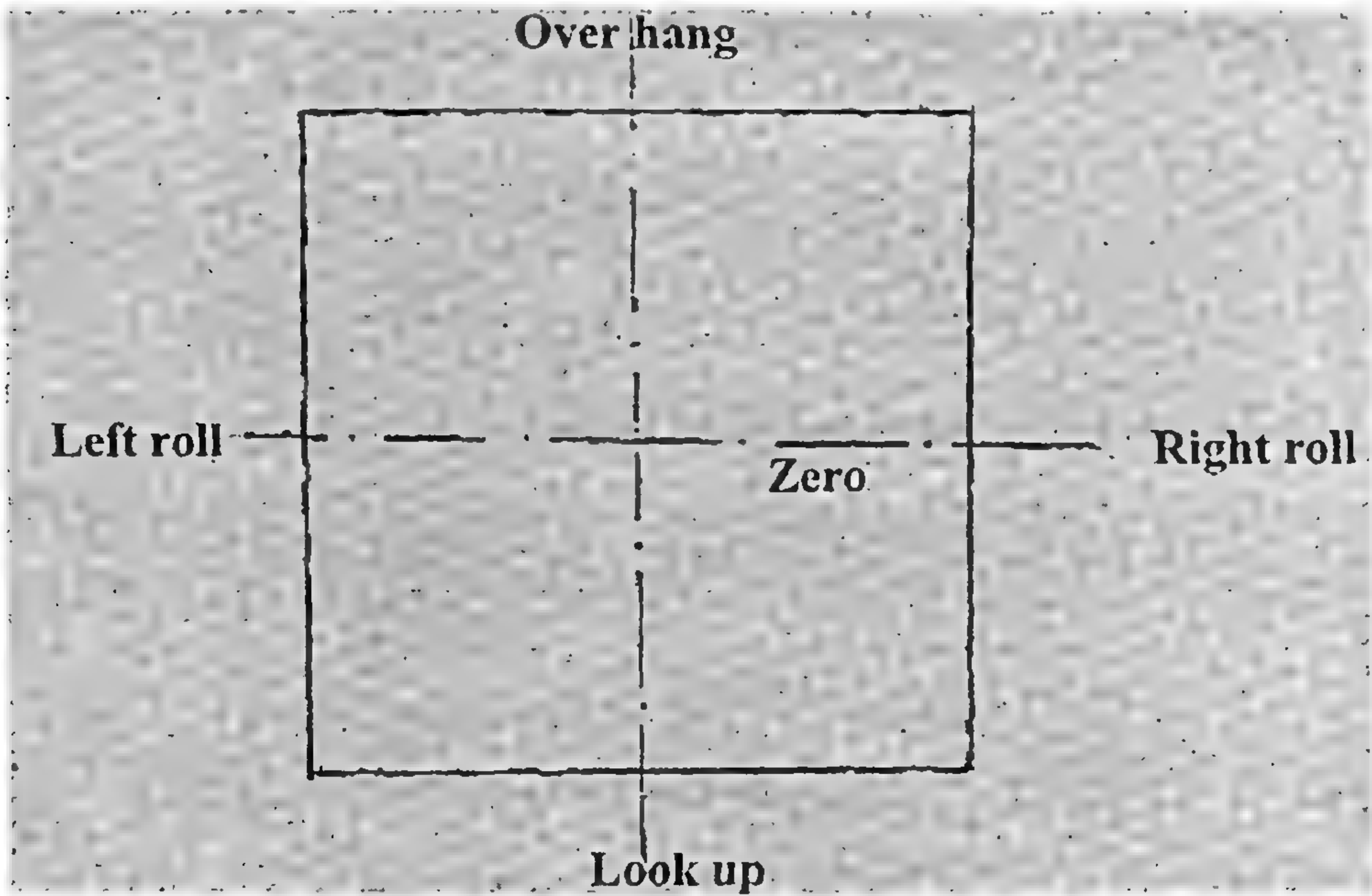
شكل (١) خيط الشاغول والدرع والبليته

في حالة صعوبة ذلك - يمكن معرفه العلاقة بين طول الخيط المستخدم و نصف قطر الدرع كما يلي :

قيمة زاوية دوران الدرع = قراءه البليته × طول نصف قطر الدرع ÷ طول الخيط المستخدم .

٢ - ميل النفق Look up And Over hang :

ينفذ النفق مثل أي خط أنحدار - أي طبقا للميل التصميمي - فيأخذ الدرع نفس زاوية الميل . فإذا كان الميل لأعلي فيسمى Look up و إذا كان الميل الي أسفل فيسمى Over Hang. يقاس الميل (الي أعلي أو الي أسفل) عن طريق خيط الشاغول و البلته المذكوره و ذلك علي المحور المتعامد علي المحور الطولي للدرع - و هو ما يعرف بالPlump - شكل (٢) مع ضروره الأخذ في الاعتبار أن القيمة المعطاة هي نصف القيمة الحقيقية و ذلك لأن طول خيط الشاغول يساوي نصف قطر الدرع .

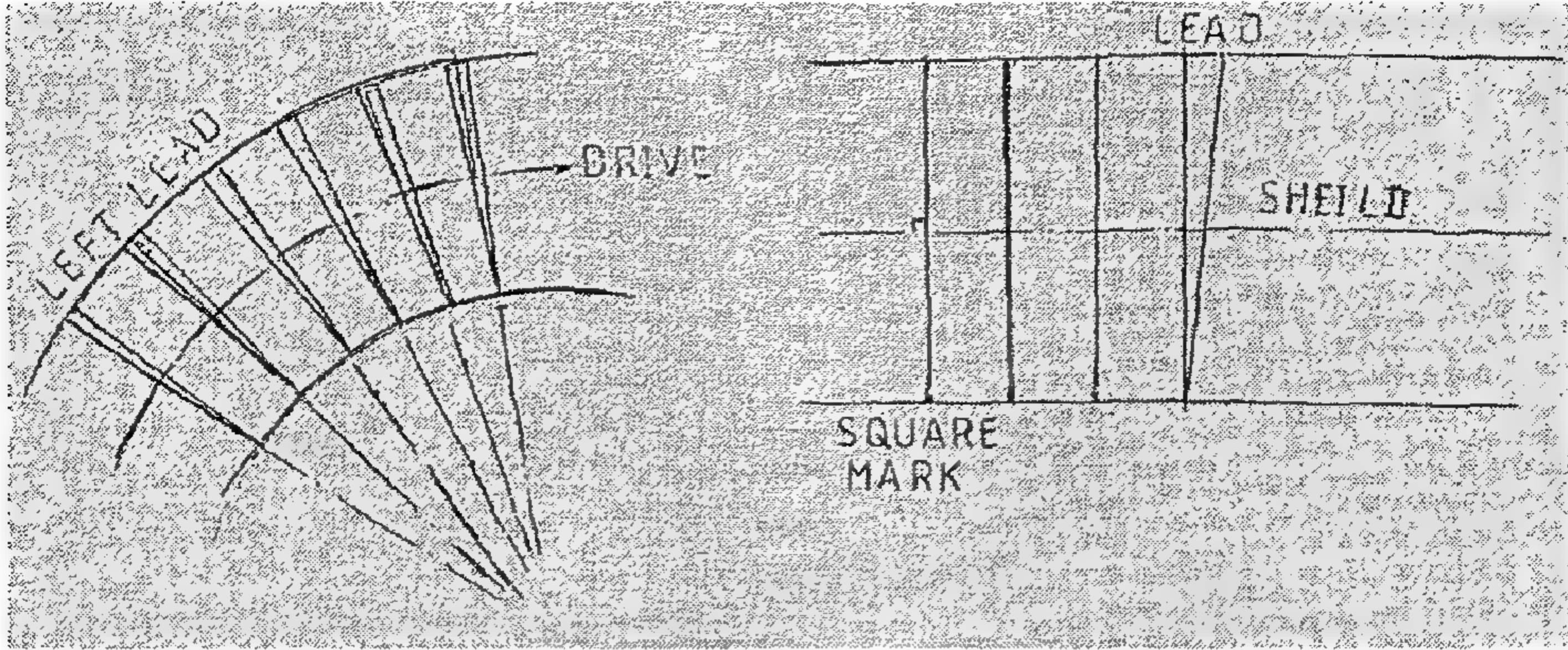


شكل (٢) Roll and Plump Plate

٣ - مسافة الدوران الأفقي : Lead

عند دخول الدرع الي المنحنيات (متيامن أو متياسر) - فإن المسافه بين الحلقتين المأخوذتين علي القوس الخارجي للنفق هي ما تسمى بمسافه الدوران - شكل (٣) .
ويلاحظ أن مسافه الدوران = صفر إذا كان النفق مستقيما .

حساب مسافة الدوران الأفقي :



شكل (٣) مسافة الدوران الأفقي

مسافة الدوران الأفقي = $\pi \times \text{طول الحلقة}$ وتختلف هذه المسافة من حلقة الي أخرى.

٤ - لوحه الهدف - لوحة أستقبال أشعة الليزر Orientation Target

و هي اللوحة التي يتم تثبيتها في مكان آمن بالدرع الأمامي و يمكن من خلالها معرفه قيمة الانحراف عن المحور و كذلك قيمة مسافة الدوران حتي يمكن اختيار الوضع الصحيح للحلقة الي سيتم بناؤها .

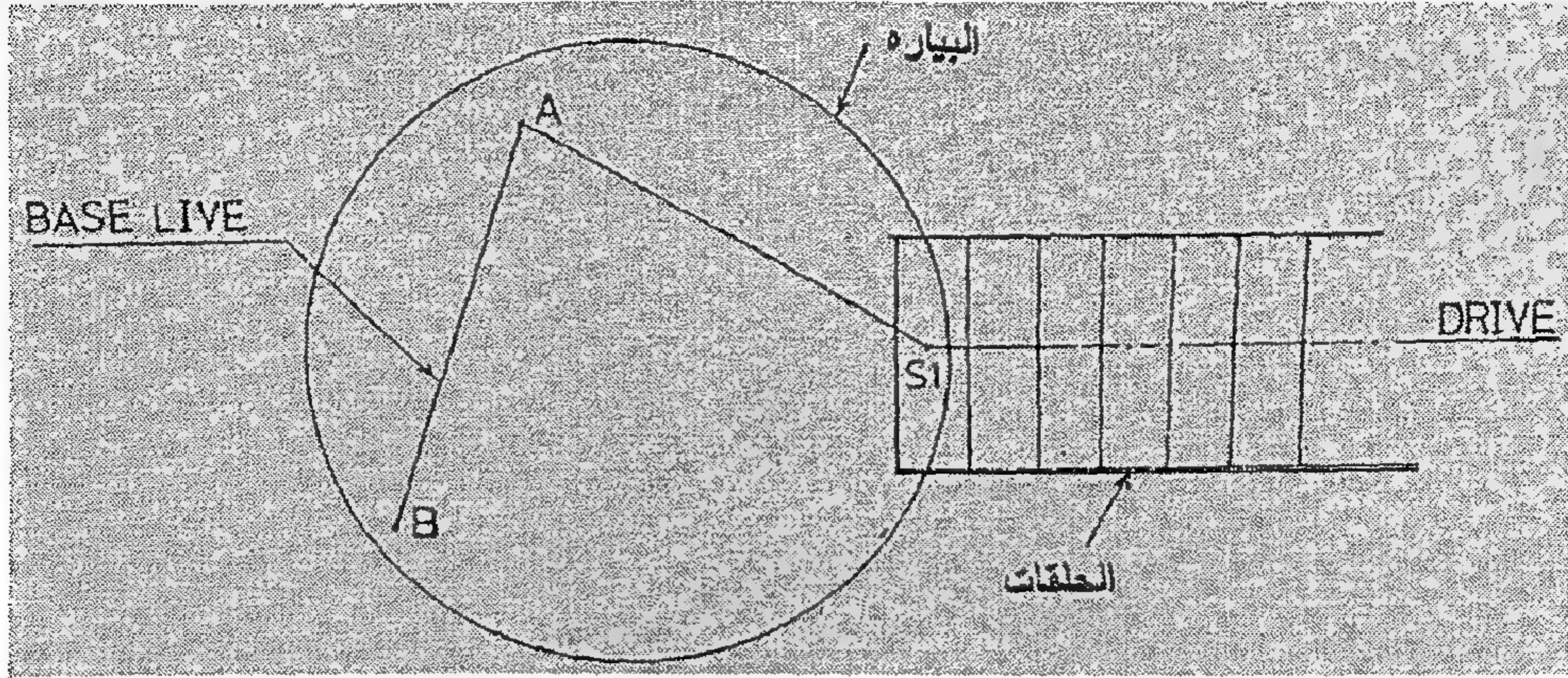
٥ - النقاط المساحية : Survey Stations

هي النقاط المساحية التي يتم اختيارها و التي تتحكم في توجيه الدرع . و هذه النقاط يتم معاملتها مثل شبكة المثلثات من الدرجة الثانية و ذلك لقياس الزوايا و المسافات و لحساب أحداثيات تلك النقط .

٦ - نقاط أشعة الليزر : Laser Stations

و هي الأماكن التي يتم اختيارها لتثبيت جهاز الليزر علي نفس الخط المساحي و نفس الميل . كما تكون تلك النقاط لها نفس العلاقة مع المحور الرأسي و المحور الأفقي للحلقة و محاور الدرع .

خط القاعدة Base Line :



شكل (٤) خط القاعدة داخل البیارة

أن العمل يحتاج الي حسابات دقيقة وهي :

- ١ - حساب وتصحيح الترافيرس الذي يغطي المشروع .
 - ٢ - ربط مراكز البیارات Shafts مع شبكة المثلثات قبل وبعد عملية تغويص البیارة وذلك لتصميم المسار الأمثل للنفق .
 - ٣ - حساب الـ Offsets وذلك في المسار المنحني .
- لبداية العمل في النفق لا بد من عمل خط قاعده Base Line و هو عبارة عن نقطتين مساحيتين A & B يتم وضعهما علي أرضیه البیارة و حساب أحداثياتهما .
توضع نقطة مساحیه S1 في أول حلقة للنفق - شكل (٤) و حساب أحداثياتها . من خط القاعده المنشأ ، يتم أخذ اتجاه النفق وكذلك الانحراف المطلوب مع ضروره مراعاة قيمة مسافة التوجيه Offset وذلك عندم يكون محور الدرع موازيا لمحور النفق .

٧ - مركز المنحني : Curve Center (C.C)

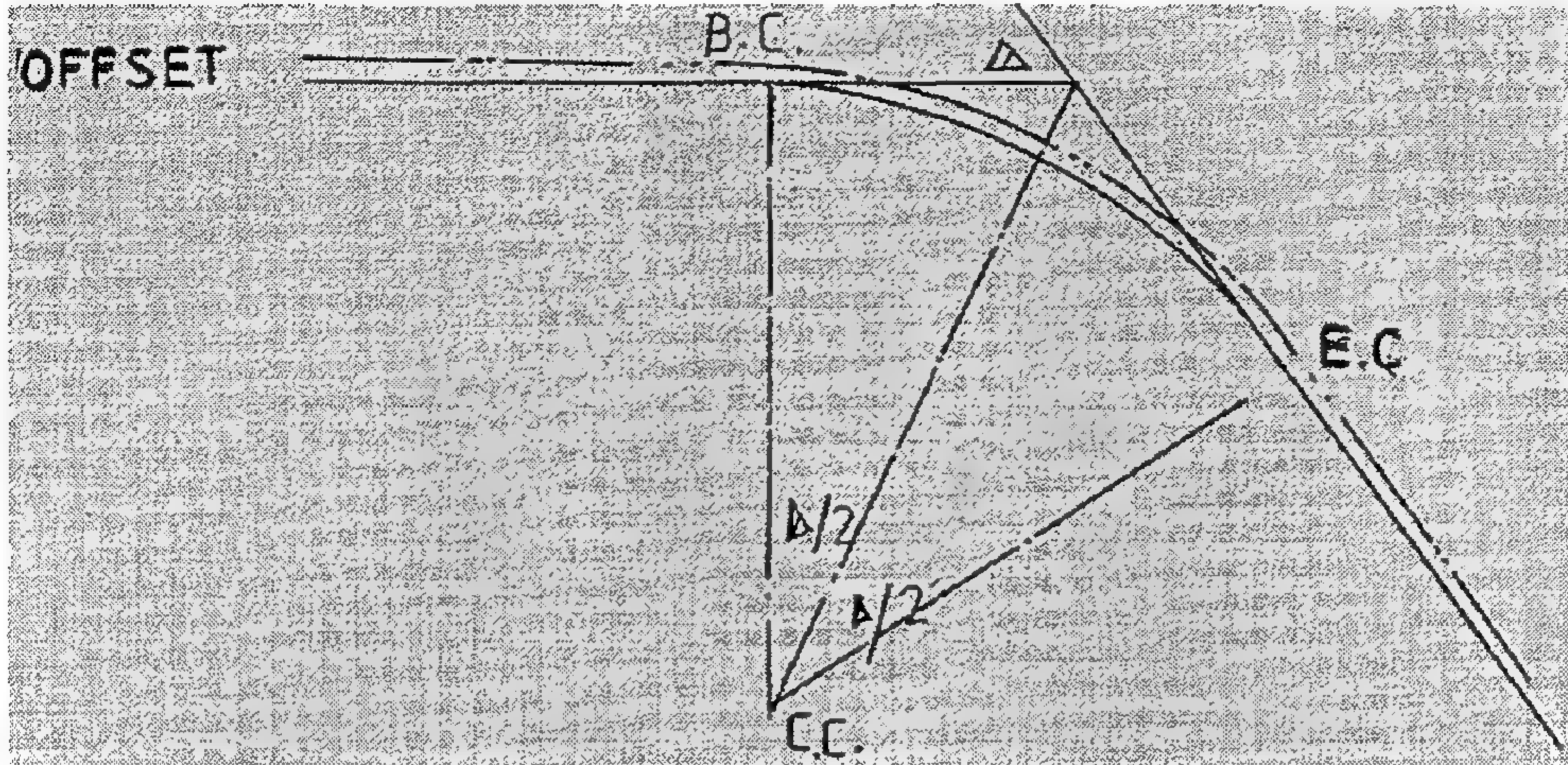
هو مركز أنحناء منحني النفق .

٨ - نقطة بداية المنحني : Beginning Curve Point (B.C)

هي نقطة تماس الخط المستقيم للنفق مع منحني النفق .

٩ - نقطة نهاية المنحني : End Curve (E.C)

هي نقطة تماس المنحني مع الخط المستقيم للنفق - شكل (٥) .



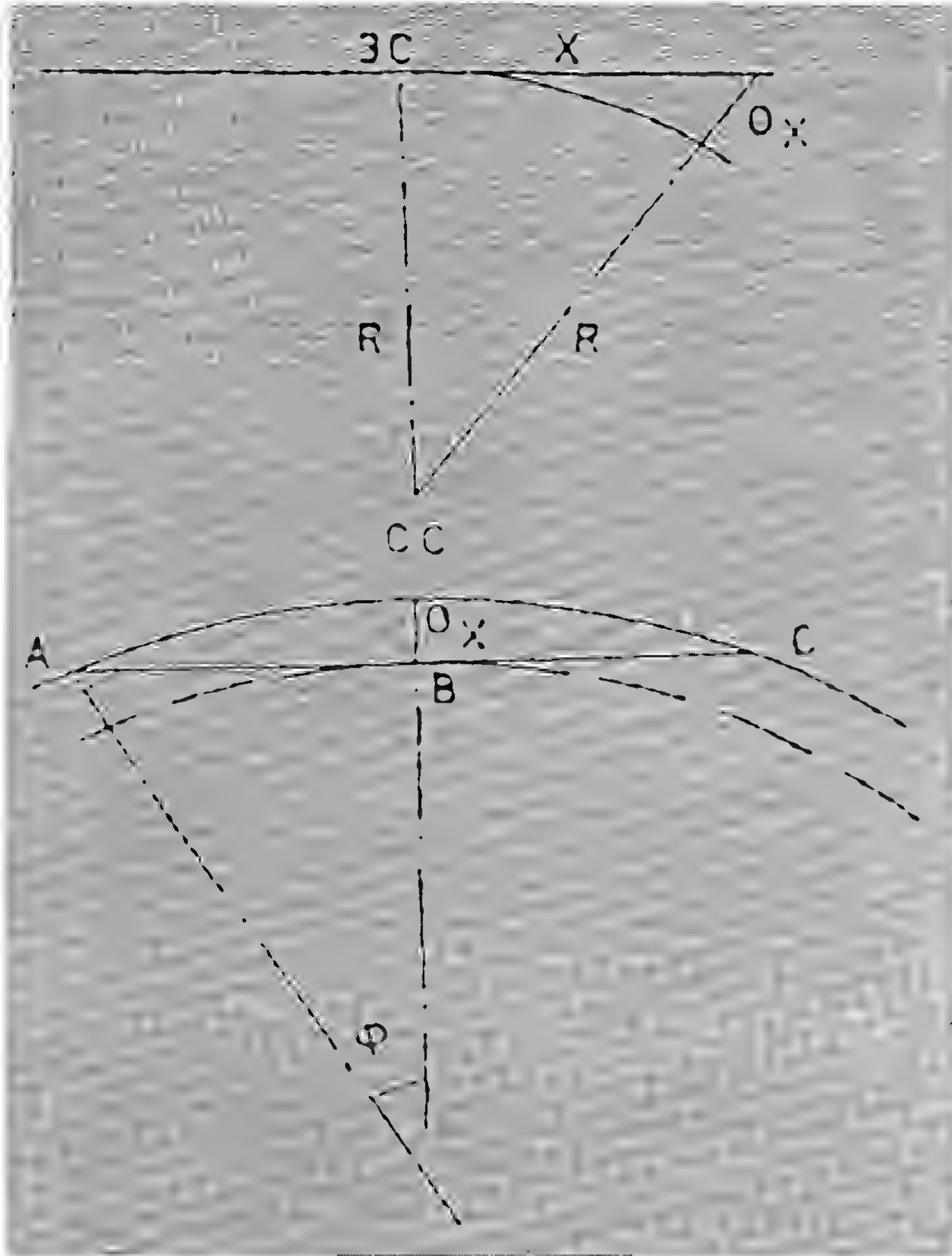
شكل (٥) مركز - بداية ونهاية المنحني

١٠ - مسافة التوجيه : Offset

هي المسافة بين مركز حامل التوجيه و المحور الرأسي للدرع . و في الخط المستقيم تكون المسافة بين حامل التوجيه و المحور الرأسي للدرع مساويا للمسافة بين الجهاز و المحور الرأسي للنفق و يكون شعاع التوجيه علي صفر التدرج .

أما في حالة المنحني فأن المسافة بين شعاع التوجيه و المحور الرأسي للدرع غير مساوية للمسافة من محور الجهاز الي المحور الرأسي للنفق - شكل (٦) .

و يجب أن تكون أكبر قيمه لمسافة التوجيه مساوية لنصف قيمة حامل التوجيه من الاتجاهين . و يجب ألا نستخدم القانون المستنتج السابق لمسافات كبيره حيث أننا نهمل الجزء $Y^2 / 2R$ و بالتالي يتحول من جزء من دائره الي قطع مكافئ . و يمكن حساب مسافة التوجيه Offset كما يلي - شكل (٧) :

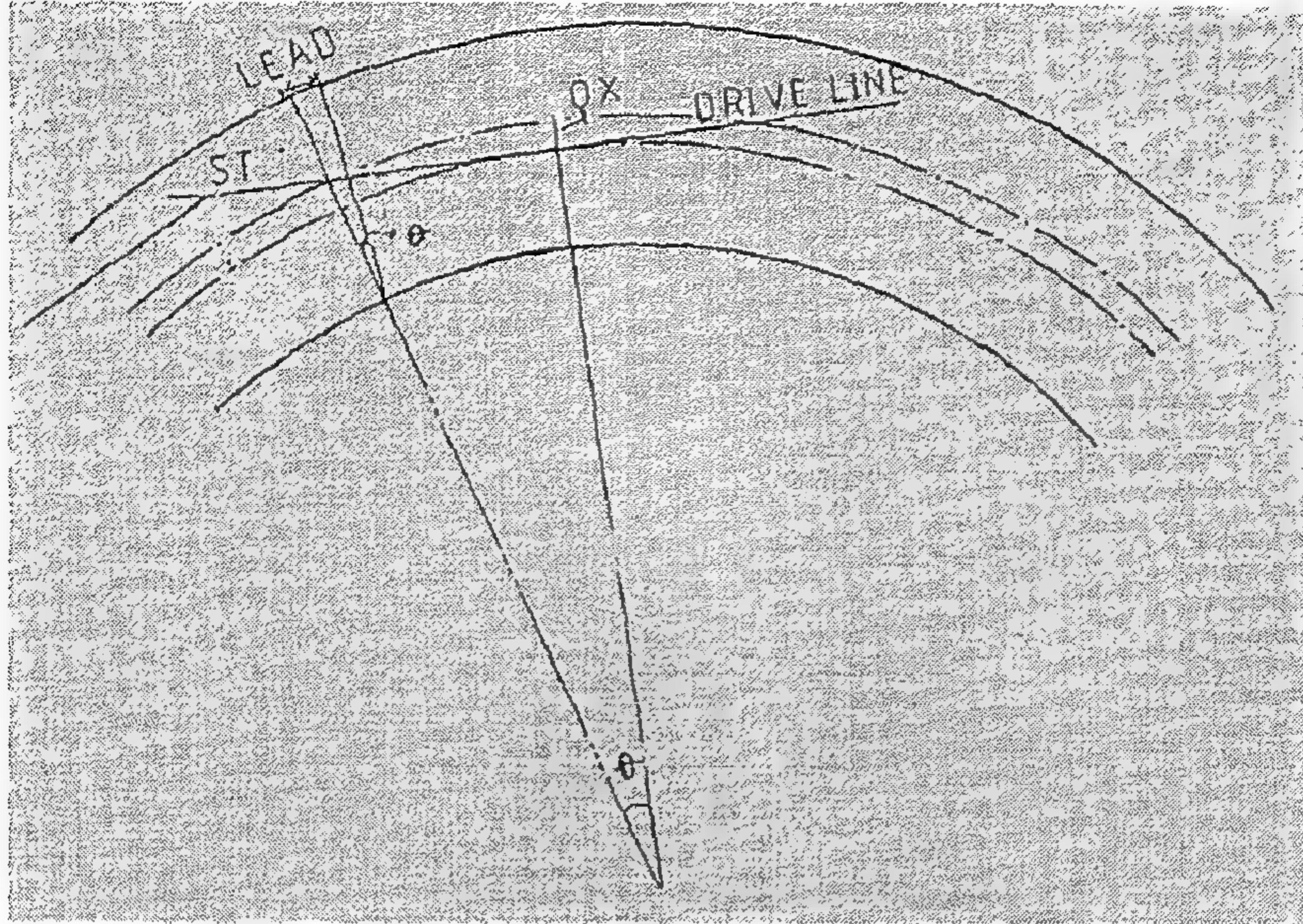


شكل (٧) مسافة التوجيه

$$Ox = (X^2 + R^2)^{1/2} - R$$

حساب قيمة (Lead) :

شكل (٨) .



شكل (٨) حساب قيمة (Lead)

مسافه الدوران الأفقي (Lead) = $\theta \times$ طول الحلقة . وتختلف هذه المسافة من حلقة الي أخرى .
مسافة التوجيه

المراحل التي تمر بها الماكينة من الأنزال و الضبط :

- ١- تحديد محاور الماكينة - و يمكن أن يتم ذلك قبل نزول الماكينة الي البئارة .
تضبط الماكينة في وضع أفقي تماما باستخدام ميزان مياه أو ميزان القامة و ذلك بأخذ ٤ قراءات علي اركان أكبر لوح معدني في بطنية الدرع.
- ٢ - يحسب قيمة نصف قطر الدرع الفعلي ثم يثبت شريط في وضع أفقي ثم باستخدام خيط الشاغول يمكن تحديد المحور الرأسي للماكينة عن طريق ضبط الشريط علي قراءه نصف القطر و أخذ علامتين أعلي و أسفل علي نهاية الدرع Tail Skin .

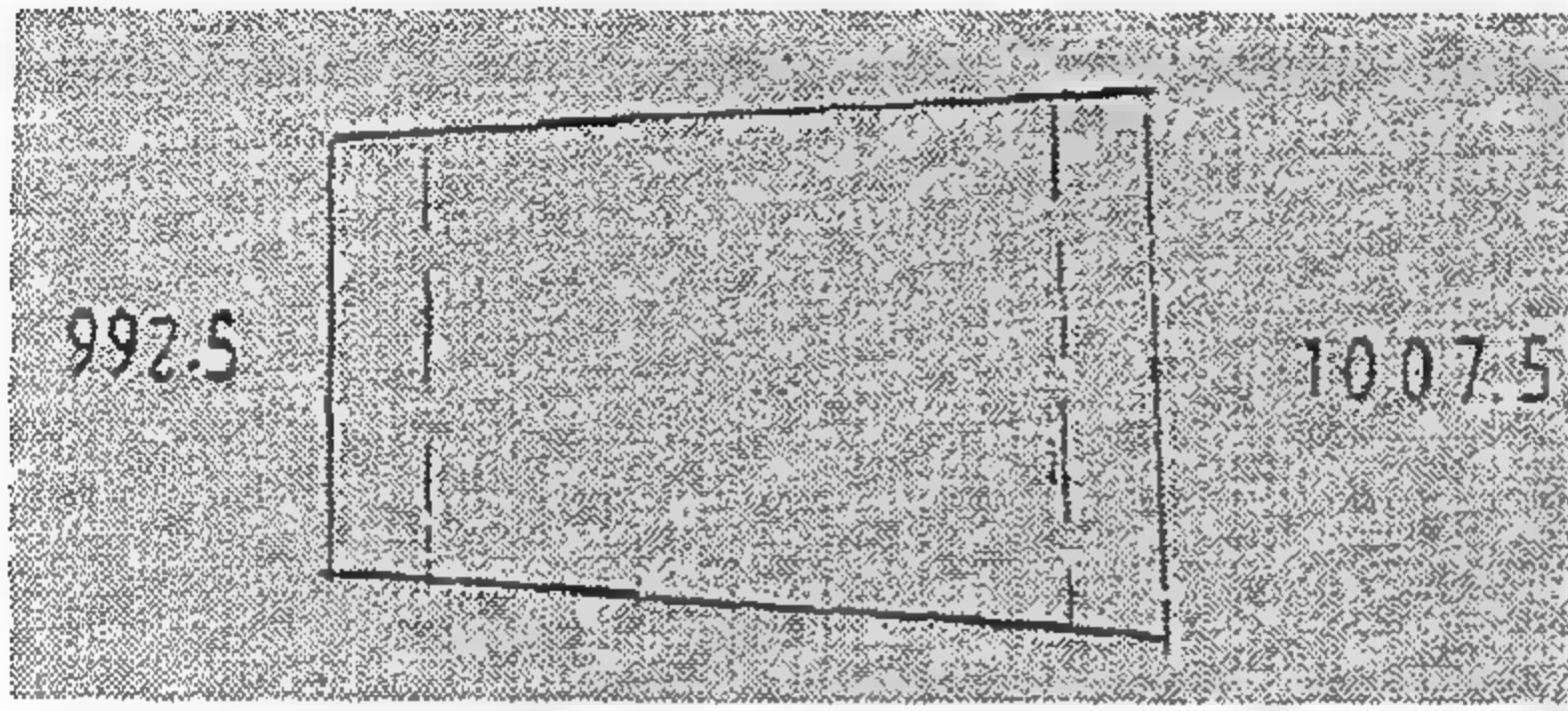
- ٣- يجري تعليم المحور الأفقي علي الجانبين علي نهاية الدرع مع استخدام ميزان قامه لبيان منسوب نقطة منتصف المحور الرأسي ثم توقيع النقطتين علي جانبي الدرع علي أفقيه واحده . هاتان النقطتان يمثلان المحور الأفقي للدرع

٤- ترفع الماكينة ثم يتم تنزيلها أسفل البيارة مع ضبطها و بحيث تكون مهيأة للحركة و علي ميل النفق تماما.

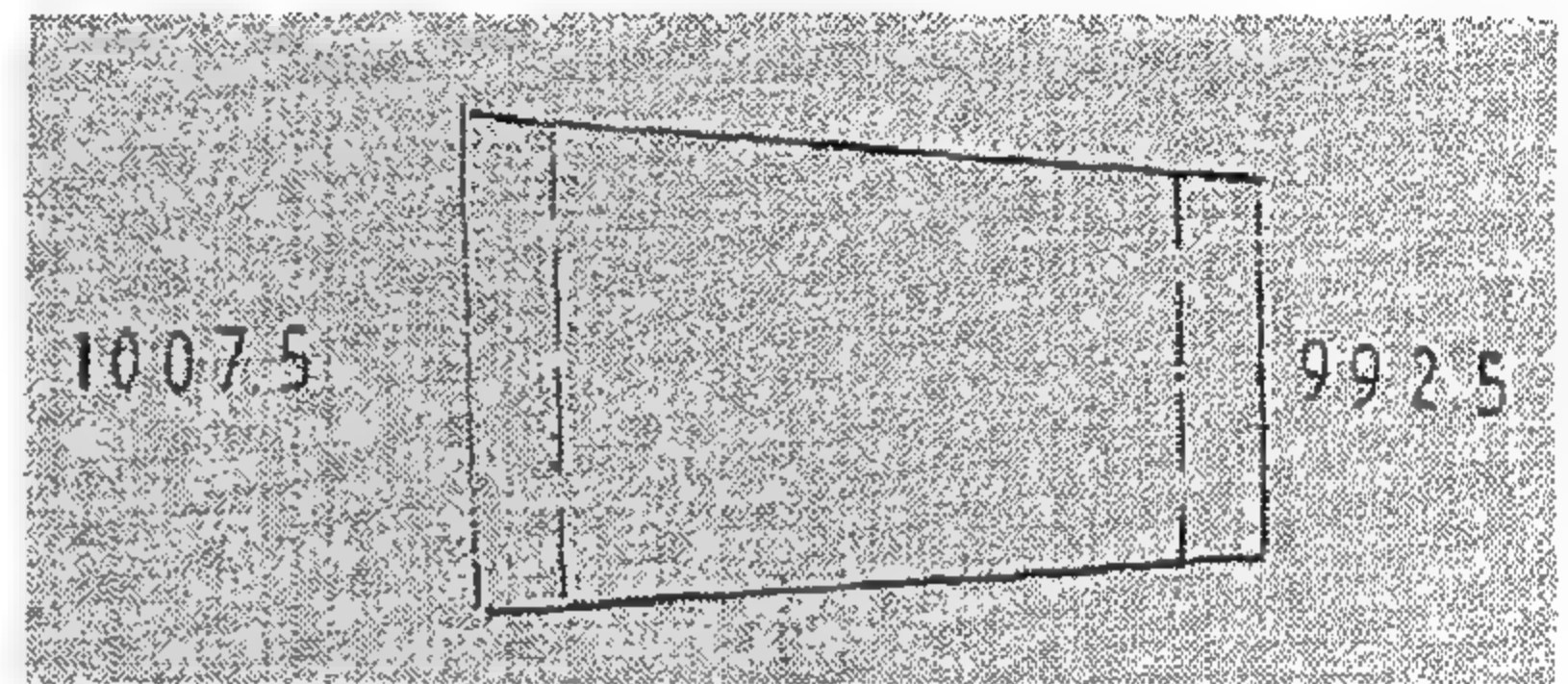
كيفية بناء الحلقة :

أولا : بناء الحلقة في النفق المستقيم :

من الملاحظ أن شكل الحلقة علي هيئة شبه منحرف و أن جانبي الحلقة غير متساوين و يطلق عليه الحلقة المشطوفة Taper Ring ووجد أن الفرق بينهما = ١٥ مم - شكل رقم (٩) . و لبناء النفق في الاتجاه المستقيم ، يجب



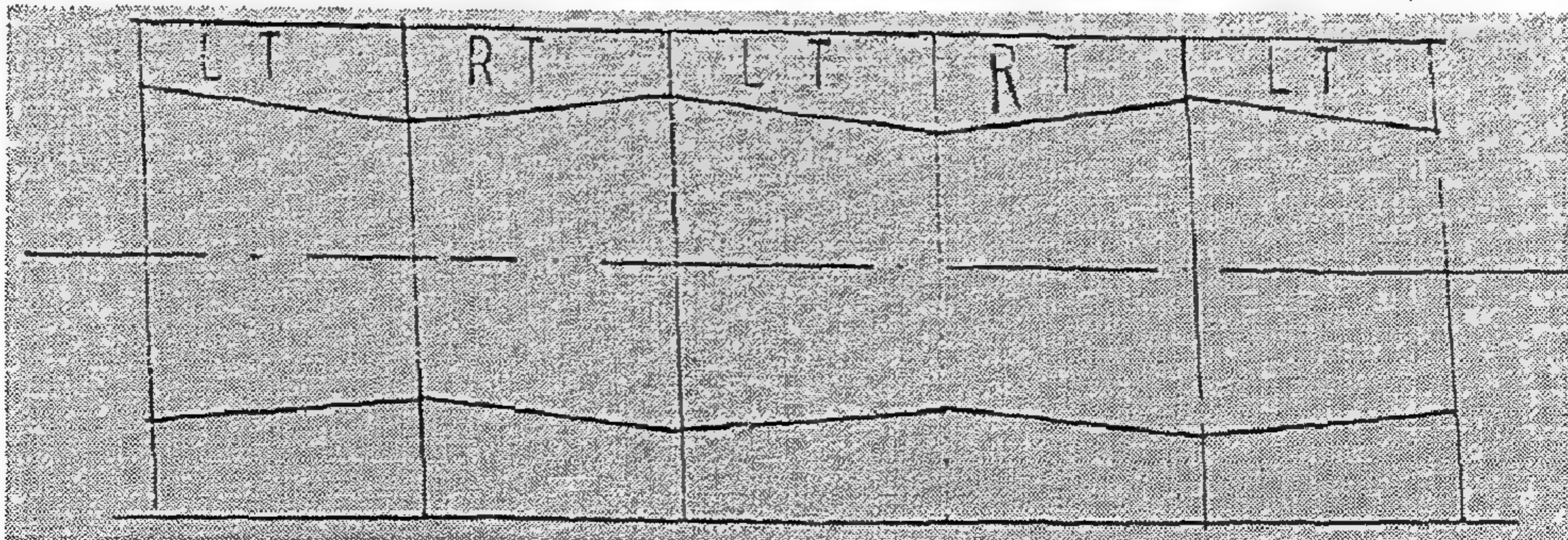
Left Taper



Right Taper

شكل (٩) الحلقة المشطوفة

أستخدام حلقة متيامنه و حلقه متياسره حيث أن الحلقة المتيامنه تعطي لنا مسافه دوران يسري Left Lead مقدارها ١٥ مم . و يمكن أن نلاشي مسافه الدوران الحادثه باستخدام حلقه متياسره تعطي لنا مسافه دوران يماني Right Lead مقدارها ١٥ مم و علي ذلك يتم بناء الحلقات بأن تكون حلقة متيامنه مجاورة لحلقة متياسرة - شكل (١٠).



شكل (١٠) بناء الحلقات في النفق المستقيم

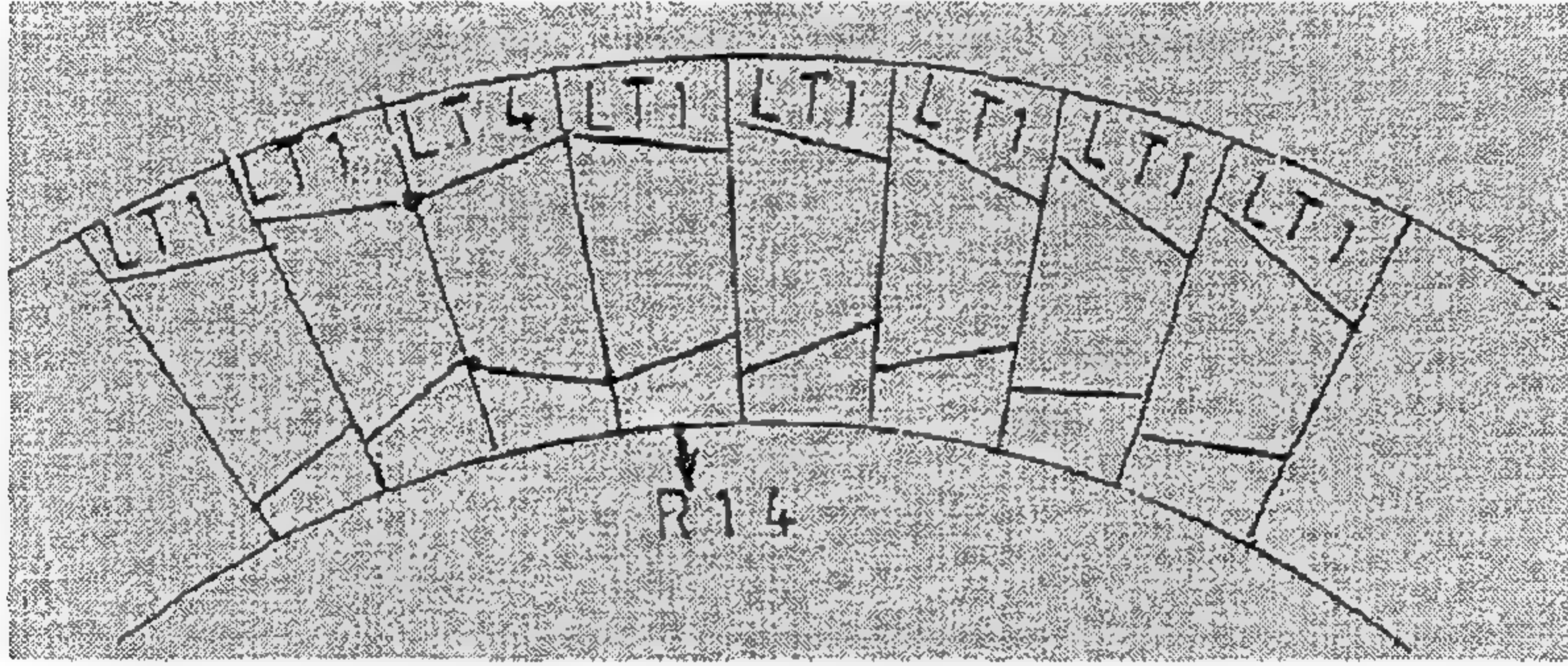
ثانيا : بناء الحلقة في المنحنيات :

من المعروف أن المنحنيات المستخدمة في الأنفاق ، تعتمد علي قيمة نصف القطر .
الأمثلة التالية توضح ذلك :

مثال (١) :

منحني قطر ٢٠٠ متر (متياسر) :

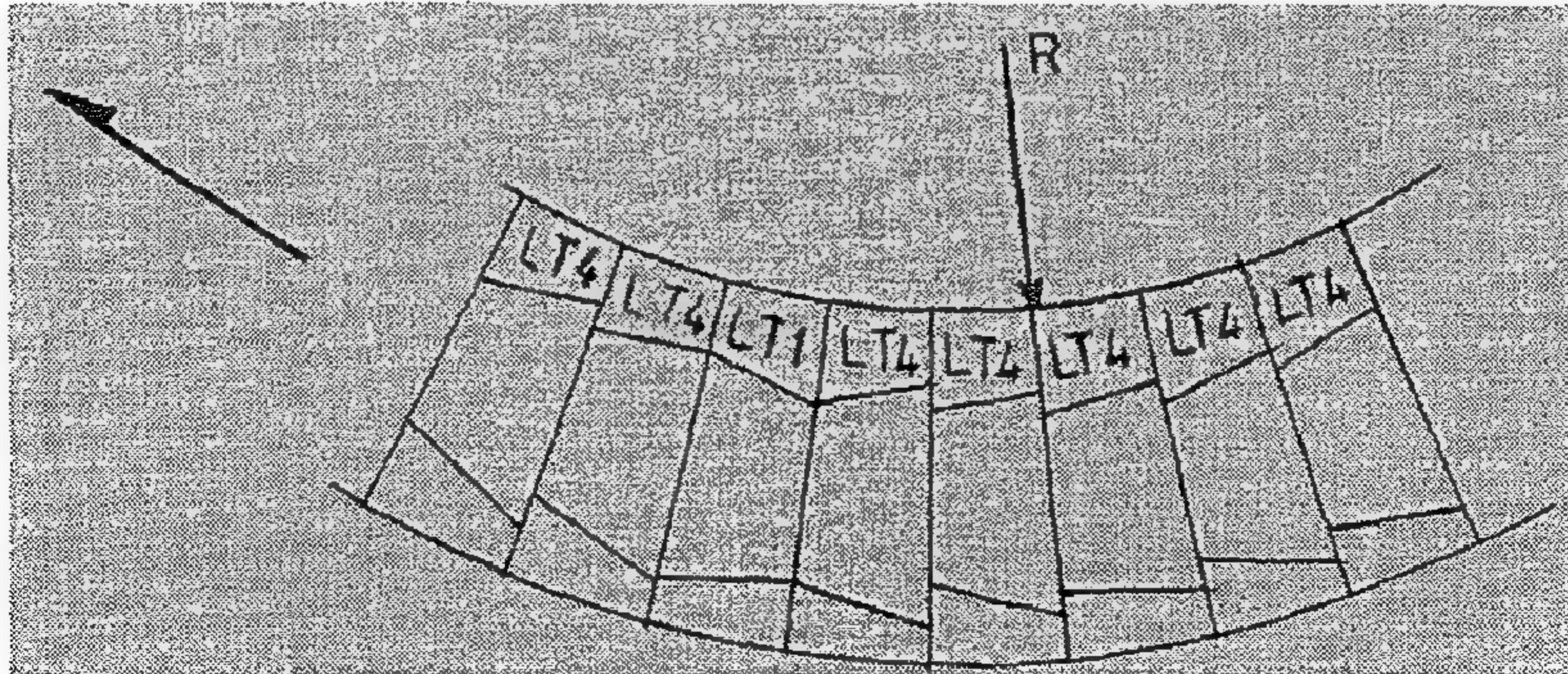
بحساب مسافة الدوران Lead نجد أنها تساوي ١٣ مم . و يمكن استخدام الحلقات المشطوفة اليسري Left Taper Ring . و ببناء العدد المناسب من الحلقات المذكوره يتم تشكيل الدوران المطلوب . و في المنحنيات المتيامنه - تستخدم الحلقات المشطوفة اليسري - شكل (١١) .



شكل (١١) منحني متياسر

منحني قطر ٢٠٠ متر (متيامن) :

في المنحنيات المتيامنه نجد أن مسافة الدوران متياسر وبذلك يمكن استخدام ١٤ حلقة LT4 + حلقة واحدة LT1 - شكل (١٢)



شكل (١٢) منحنيات ذات قطر ٢٠٠ متر منحني متيامن

مثال (٢) :

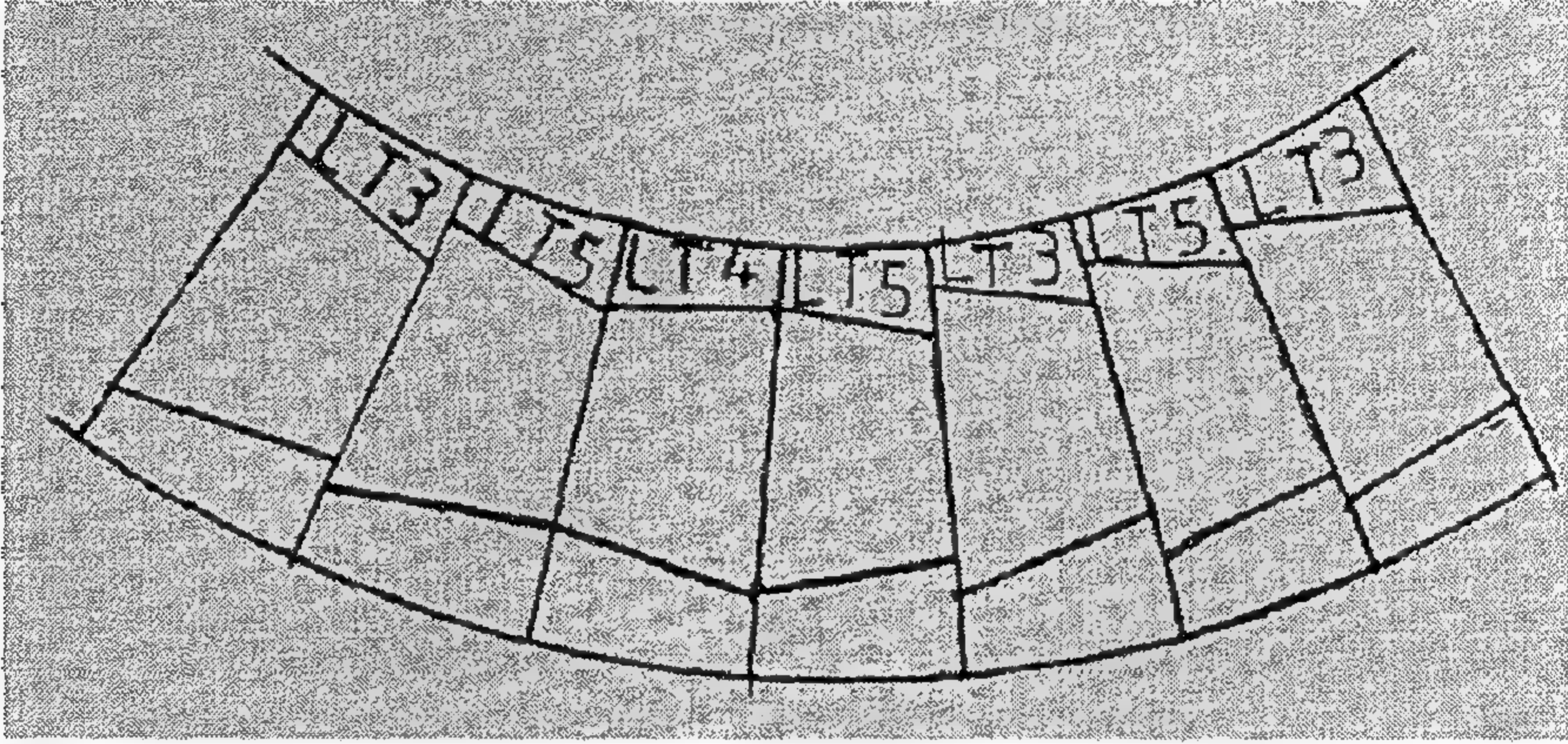
منحني قطر ٣٠٠ متر (متياسر) :

بحساب مسافة الدوران (Lead) نجد أنها = ١١م . في هذه الحالة يتم بناء ٦ حلقات LT1 ثم تبني حلقة LT 4 . يستمر العمل بهذا المنوال .

مثال (٣) :

منحني قطر ٣٠٠ متر (متيامن) :

بحساب مسافة الدوران نجد أنها = ١١م . في هذه الحالة يتم بناء ٦ حلقات LT4 ثم تبني حلقة LT 1 . يستمر العمل بهذا المنوال - شكل (١٣) .

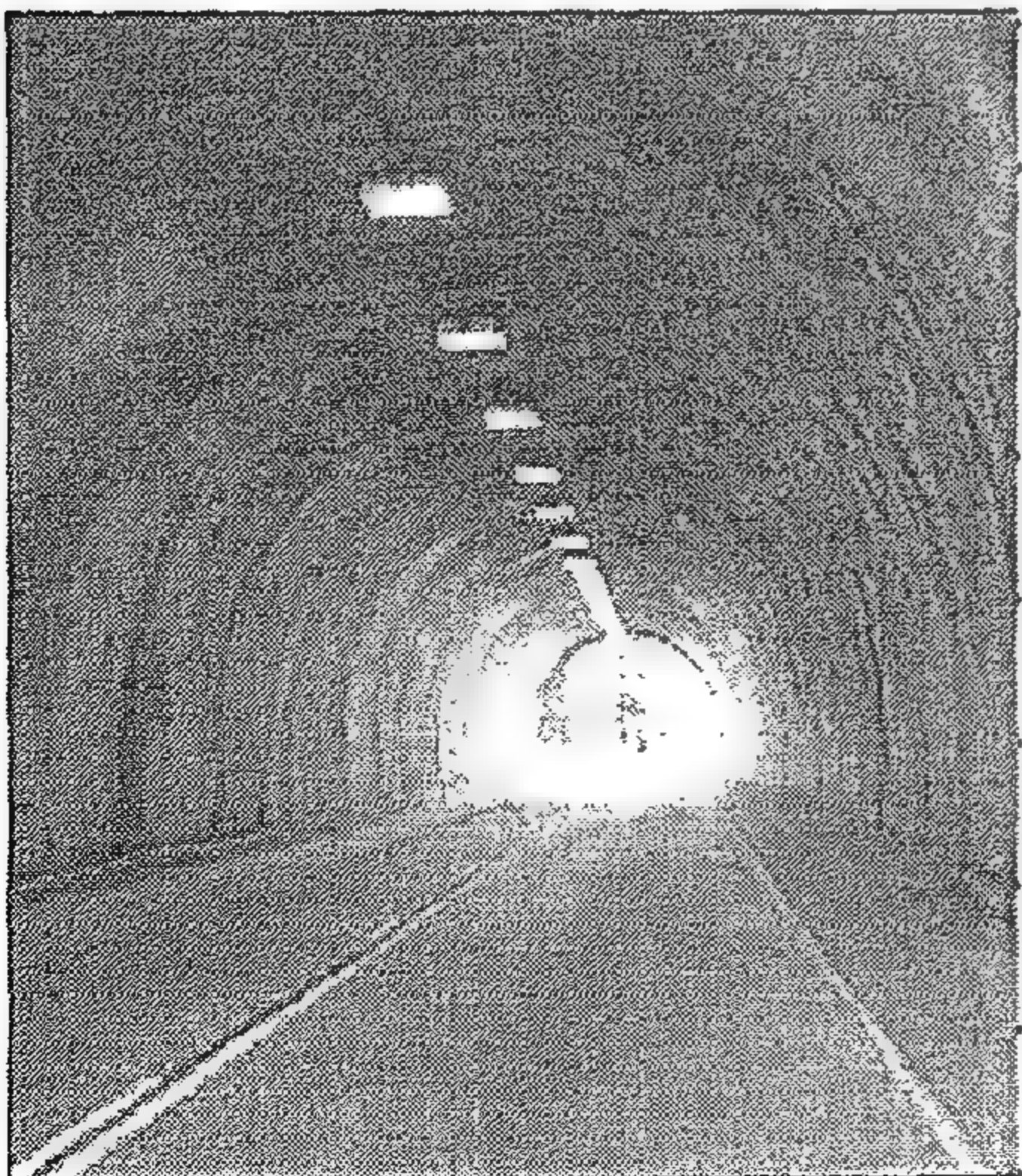


شكل (١٣) منحني ذا قطر ٣٠٠ متر

منحني متيامن

المراجع

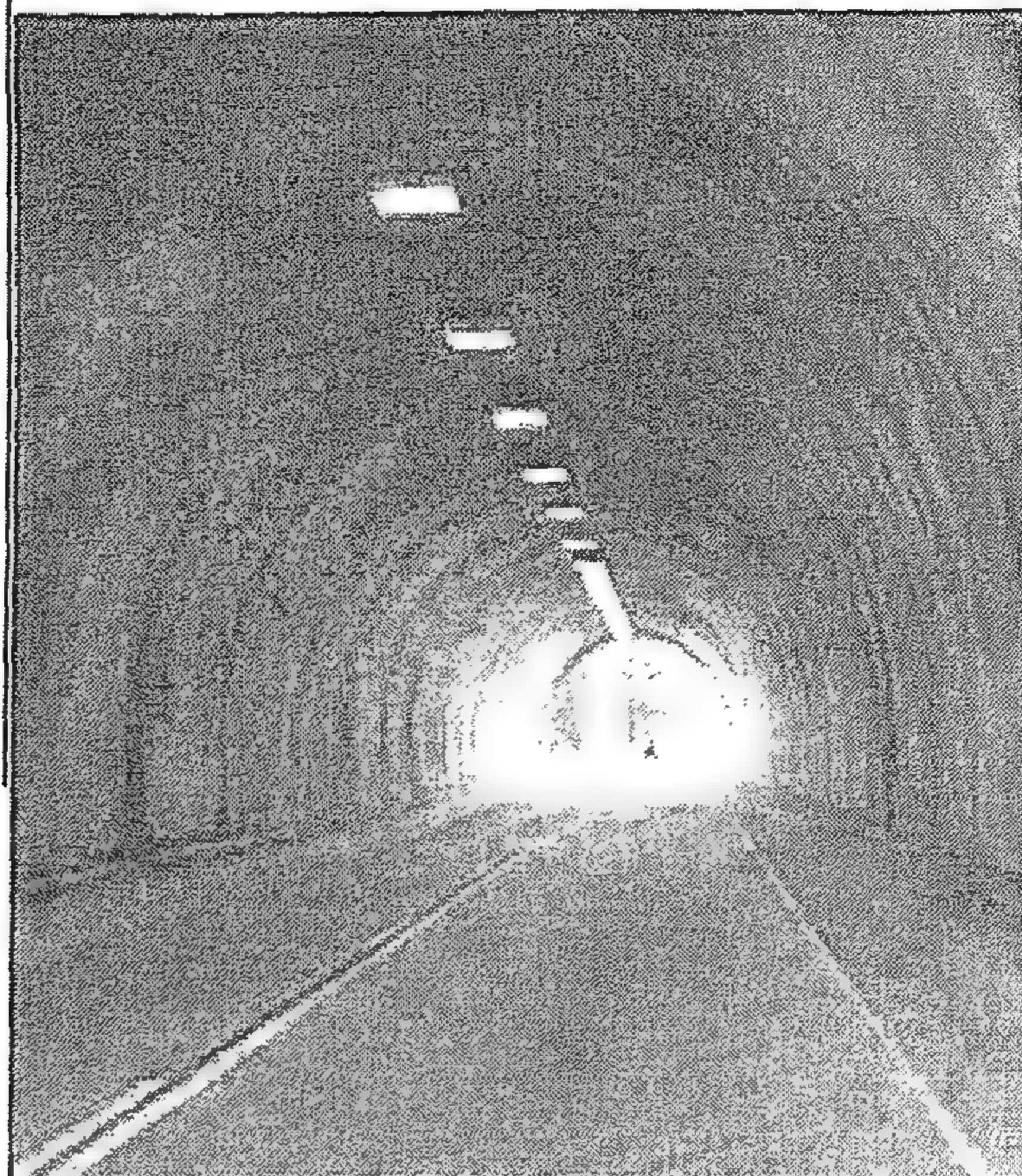
١ - معهد التدريب الفني والمهني - شركة المقاولون العرب .



1

الإنشاءات المتميزة

حفظاً للأشياء



الباب الثاني

حوادث الديافرام

حوائط الديافرام Diaphragm Walls

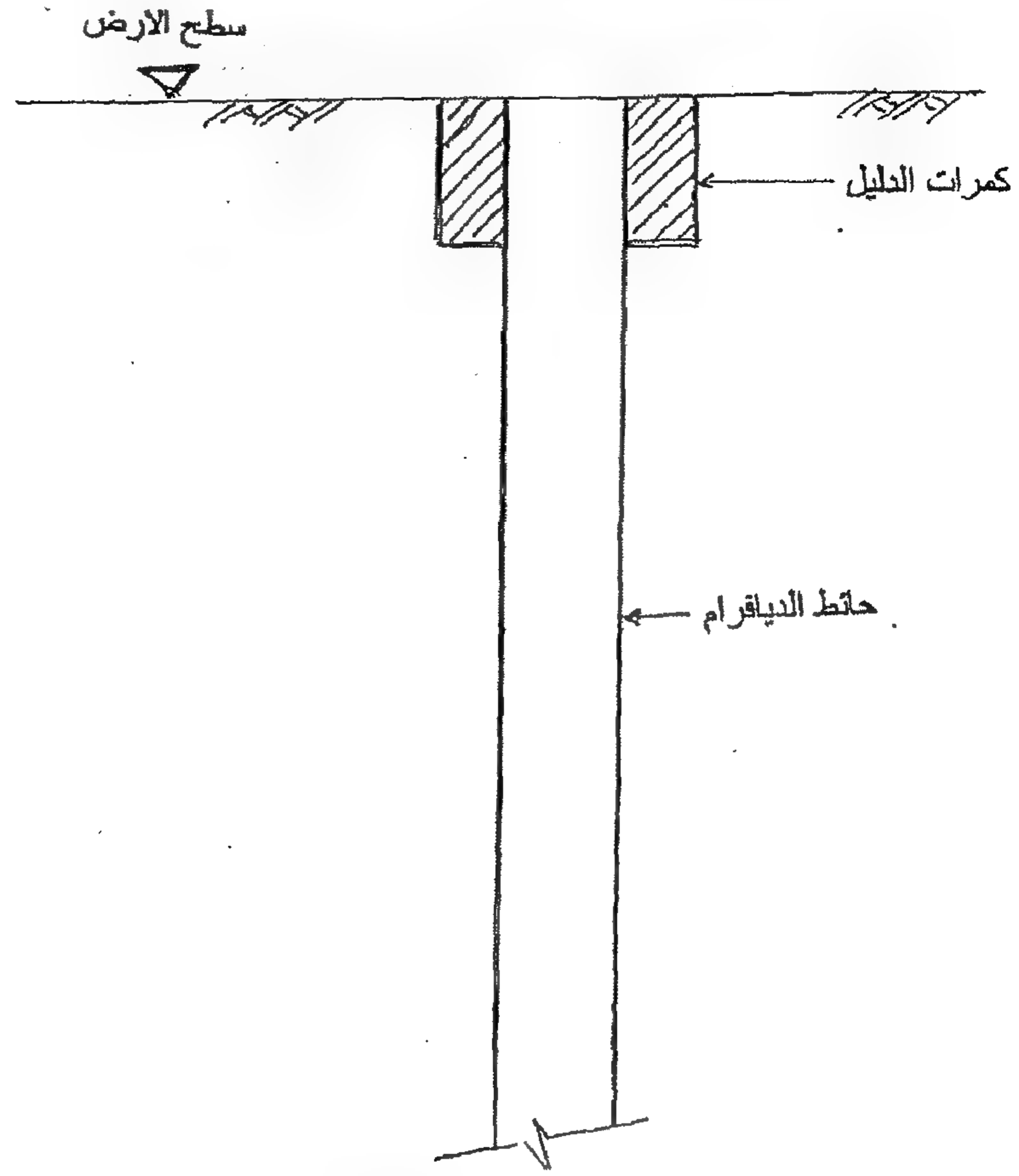
تعتبر حوائط الديافرام عنصرا أساسيا في تنفيذ الأنفاق :

- ١ - تنفيذ الأنفاق بالحفر المكشوف .
 - ٢ - تنفيذ الأنفاق بتقاطعات الطرق Subways .
 - ٣ - جميع المحطات المنشأة علي كافة أنواع أنفاق المواصلات .
 - ٤ - مداخل ومخارج أنفاق المواصلات .
 - ٥ - المنشآت الأخرى تحت الأرض مثل البدرومات - محطات رفع الصرف الصحي - الجراجات ...
- تأخذ حوائط الديافرام القطاع المستطيل أو القطاع الدائري وينفذ بطريقة واحدة .

تنفيذ حوائط الديافرام :

التخطيط والحفر :

- ١ - تخطيط محور النفق ومن ثم محاور حوائط النفق .
- ٢ - إنشاء كمرات الدليل الخرسانية Guide Walls - شكل (١) ، وهي المحددة لحفر حوائط حوائط الديافرام، المسافة بين الكمرتين = سمك حائط الديافرام + ٥ سم . الغرض من إنشاء هذه الكمرات هو إنشاء الحوائط علي المحور تماما وكذلك تعتبر دليلا للحفارة أثناء الحفر .

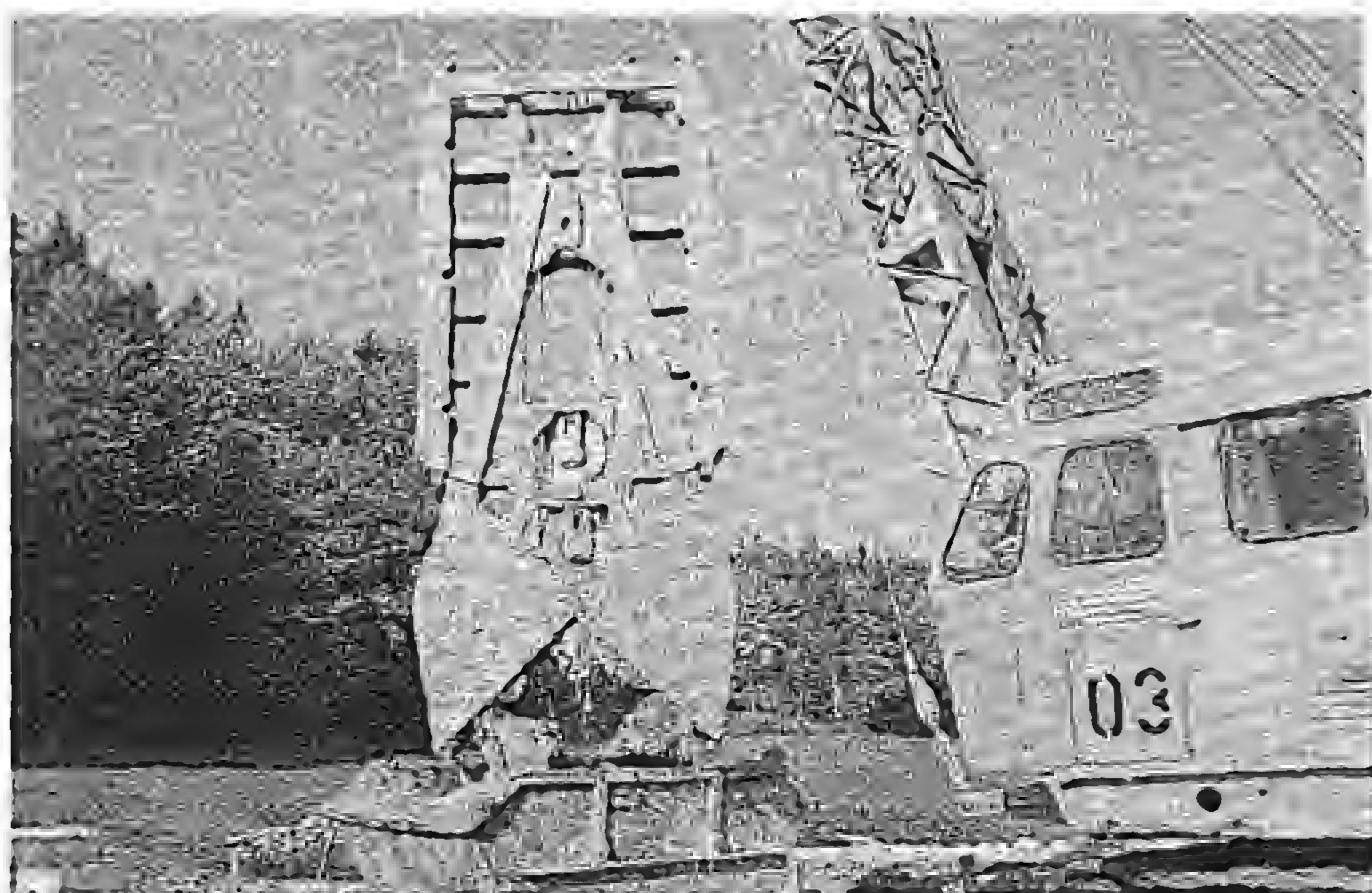


شكل (١) كمرات الدليل

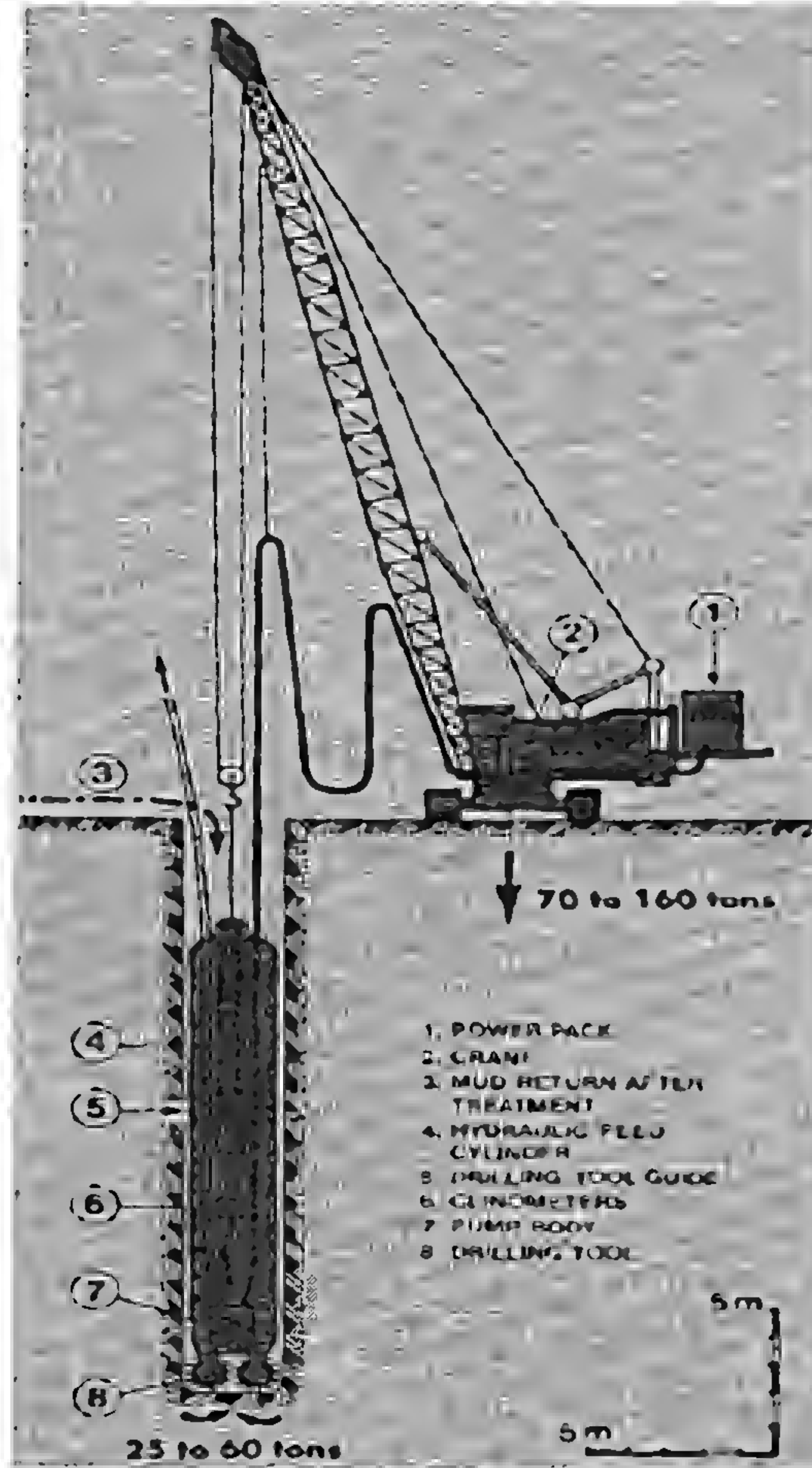
- ٣ - الحفر بين كمرات الدليل المدفونة بواسطة حفارة حوائط الديافرام حتي العمق التصميمي للحائط وبالعرض والسمك المطلوب - شكل (٢) . تكون حوائط الديافرام سابقة الصب وتكون في أحوال أخرى مصبوبة بالموقع - (مثل حالة محطات القطارات) .



شكل (٢) حفارة الحوائط اللوحية أثناء التنفيذ - من الطبيعة



تابع شكل (٢) حفارة حوائط الديافرام (طراز آخر)



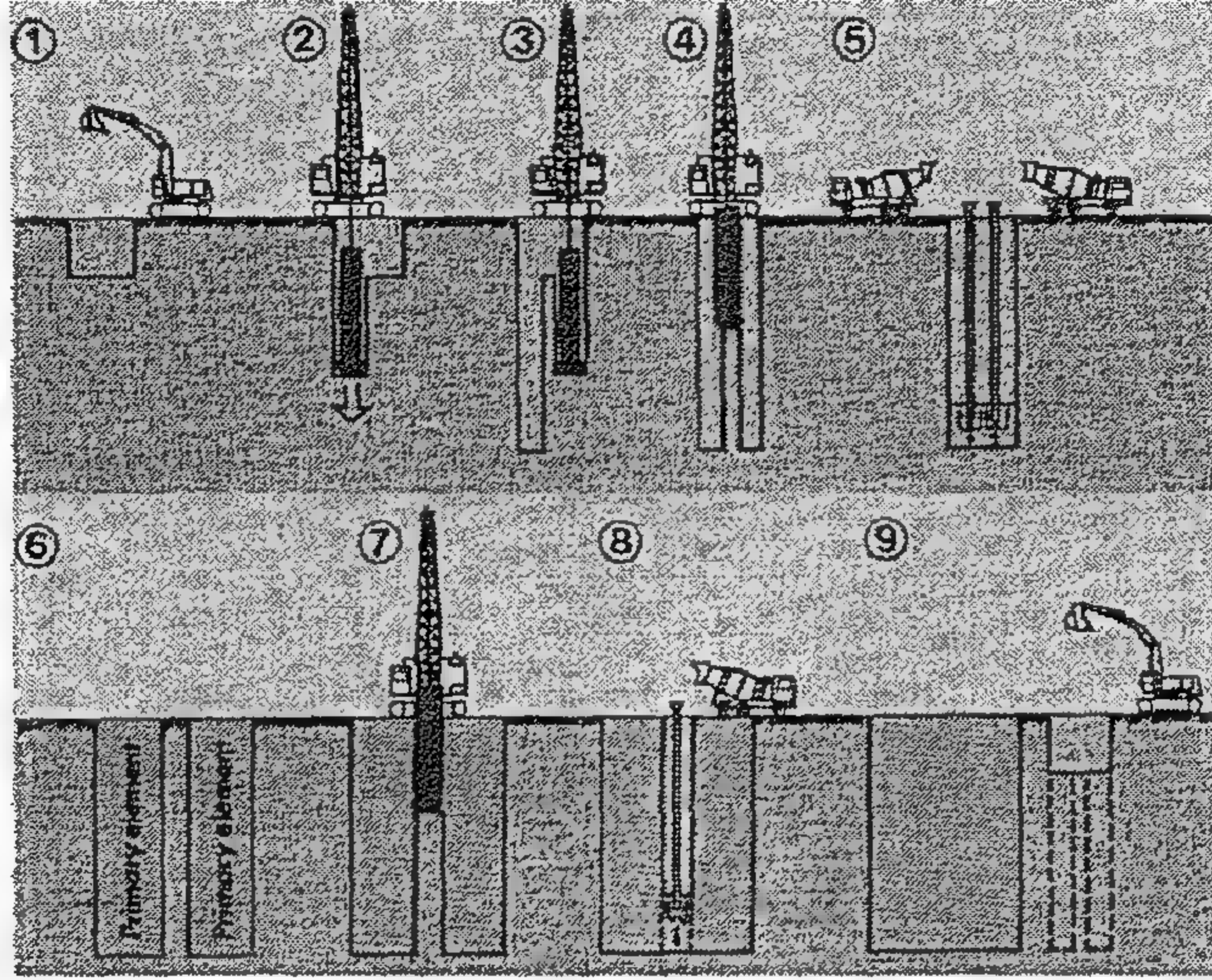
حفارة حوائط الديافرام أثناء الحفر - طراز آخر



شكل (٢) الجزء القاطع من الحفارة

تقوم الحفارة من هذا الطراز بقطع وأزالة التربة بين حوائط الدليل وذلك بمقاس = عرض الحائط + مسافة صغيرة للخلوص . يتم دفع البيتونايت الي الحفر . ناتج الحفر مع وجود مياه أرضية يكون روبة . تضخ هذه الروبة بواسطة طلمبة الروبة الموحودة بين التروس القاطعة من أسفل . تضخ الروبة الي الخارج عن طريق خرطوم بالمعدة الي الخارج .

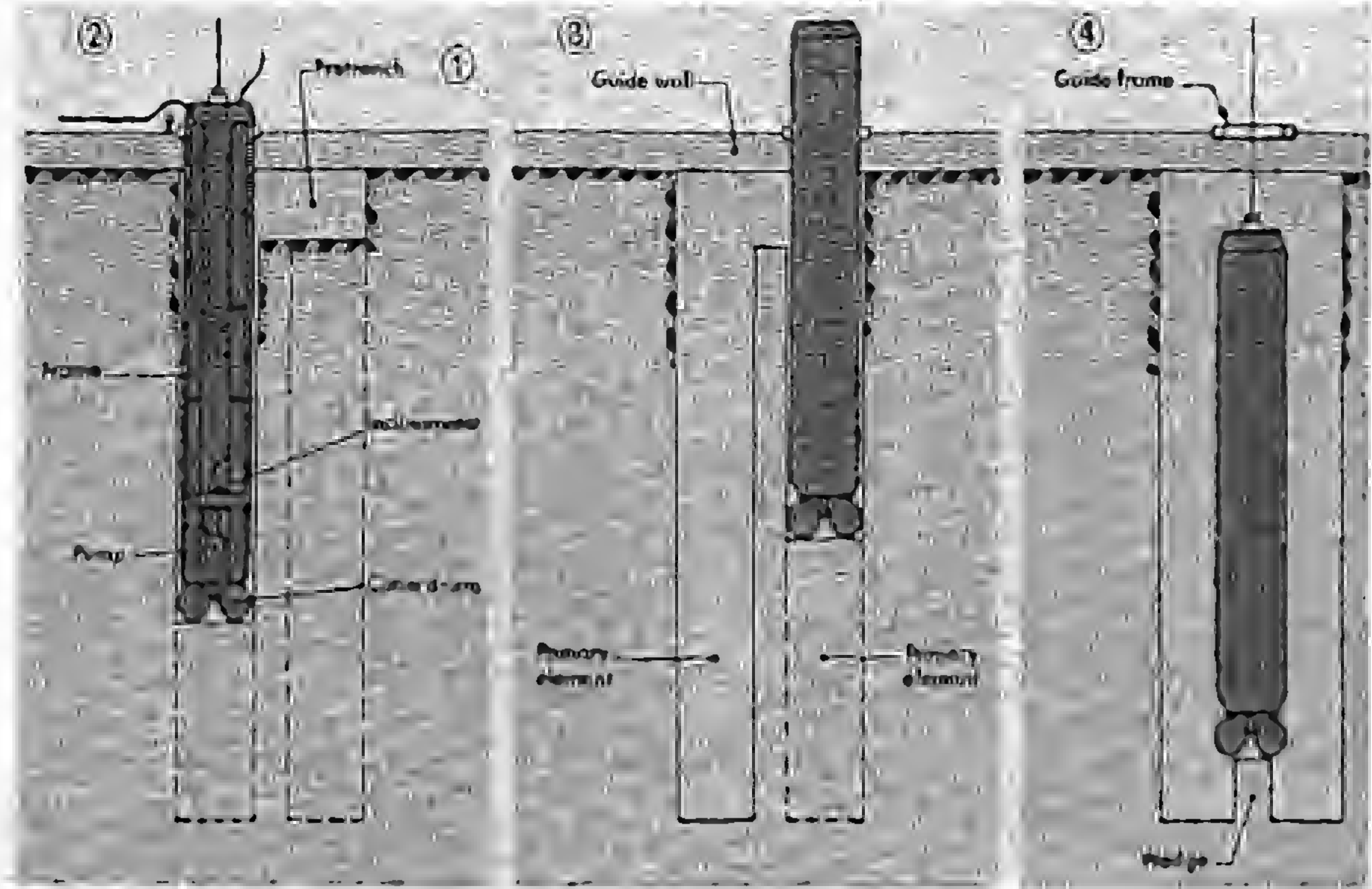
يلاحظ في هذه المعدة عدم الاحتياج الي ألواح النهاية المعدنية Stop End .



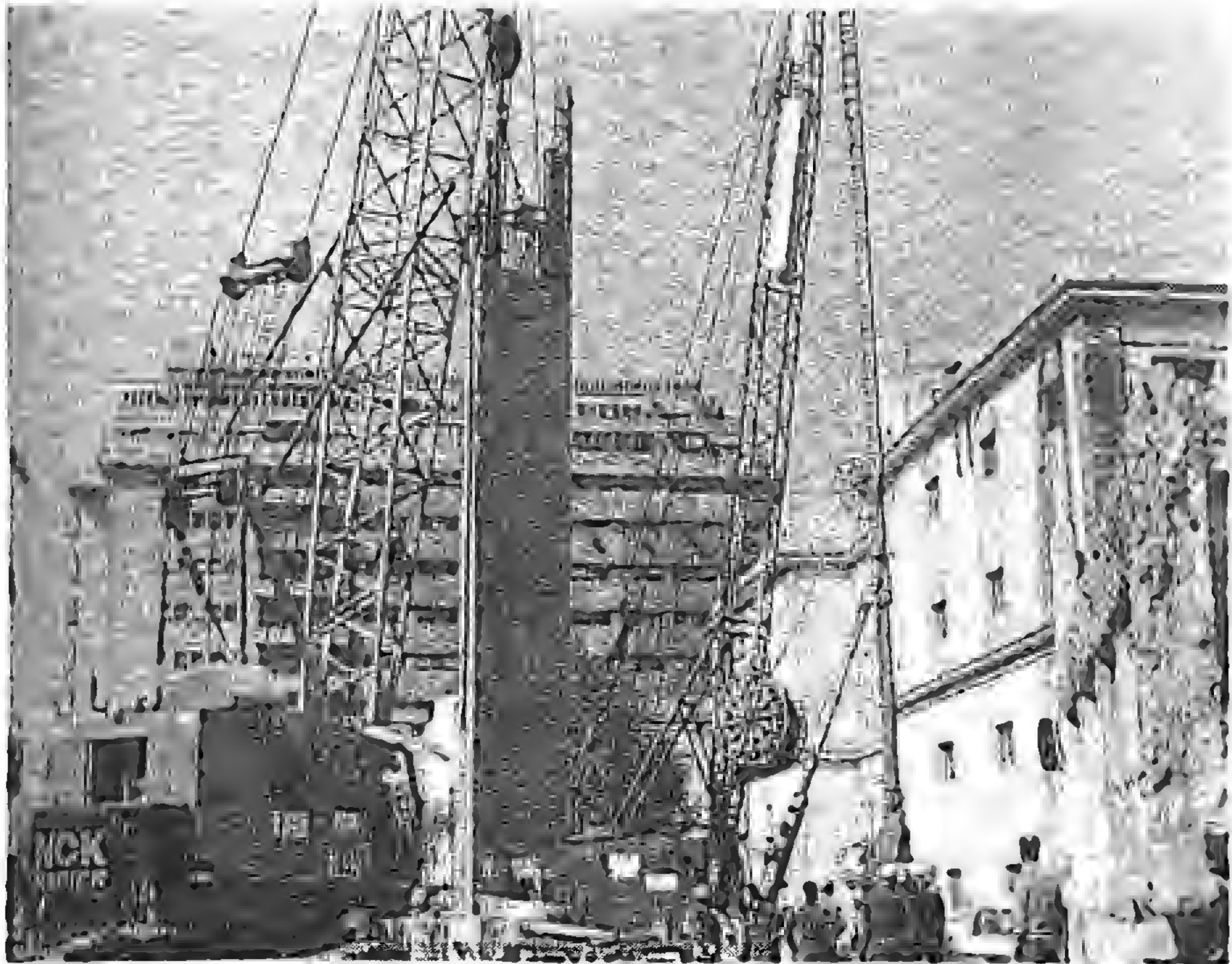
تابع شكل (٢) خطوات العمل في تنفيذ حوائط الديافرام

- ١ - وضع الدليل الخرساني - البدء في الحفر .
- ٢ - الحفر بعرض الحائط الأول .
- ٣ - استكمال الحفر وتعميقه .
- ٤ - الانتهاء من الحفر والوصول إلى المنسوب النهائي .
- ٥ - وضع حديد التسليح ثم صب الحائط الأول .
- ٦ - حفر الحائط الثالث والتسليح ثم الصب .
- ٧ - حفر الحائط الثاني (بعد فترة كافية تتصلد فيها الخرسانة للحائط الأول والثالث) حتي المنسوب المطلوب .
- ٨ - تسليح ثم صب خرسانة الحائط الثاني .

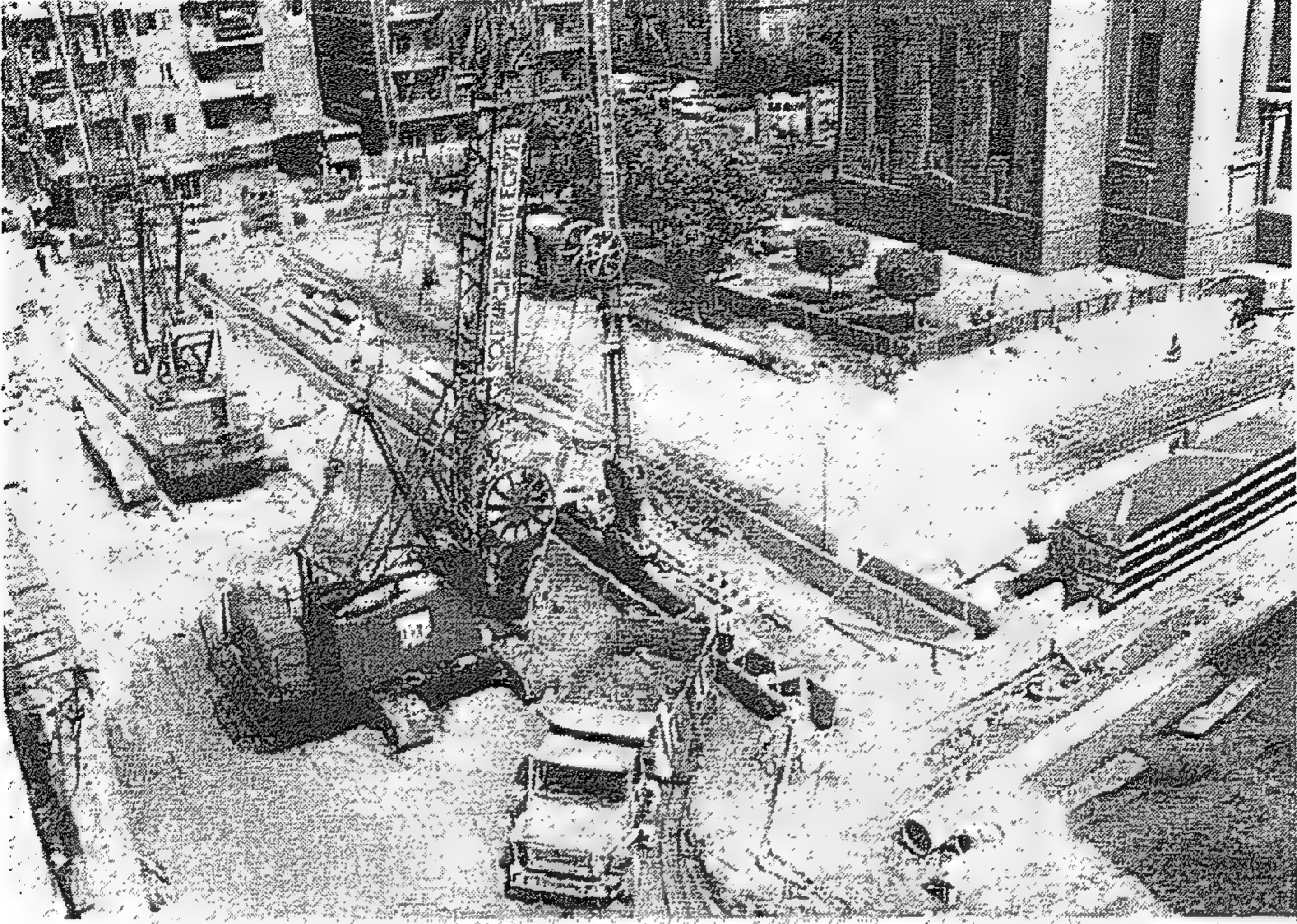
٩ - الاستمرار في تنفيذ باقي المنشأ بنفس الطريقة .



تابع شكل (٢) تفاصيل تتابع أعمال تنفيذ حائط الديافرام



تابع شكل (٢) حائط ديافرام سابق الصب - مترو أنفاق القاهرة - المرحلة أولى



تابع شكل (٢) إنشاء حائط الديافرام

(مصبوب بالموقع) - مترو أنفاق القاهرة - ميدان سعد غول

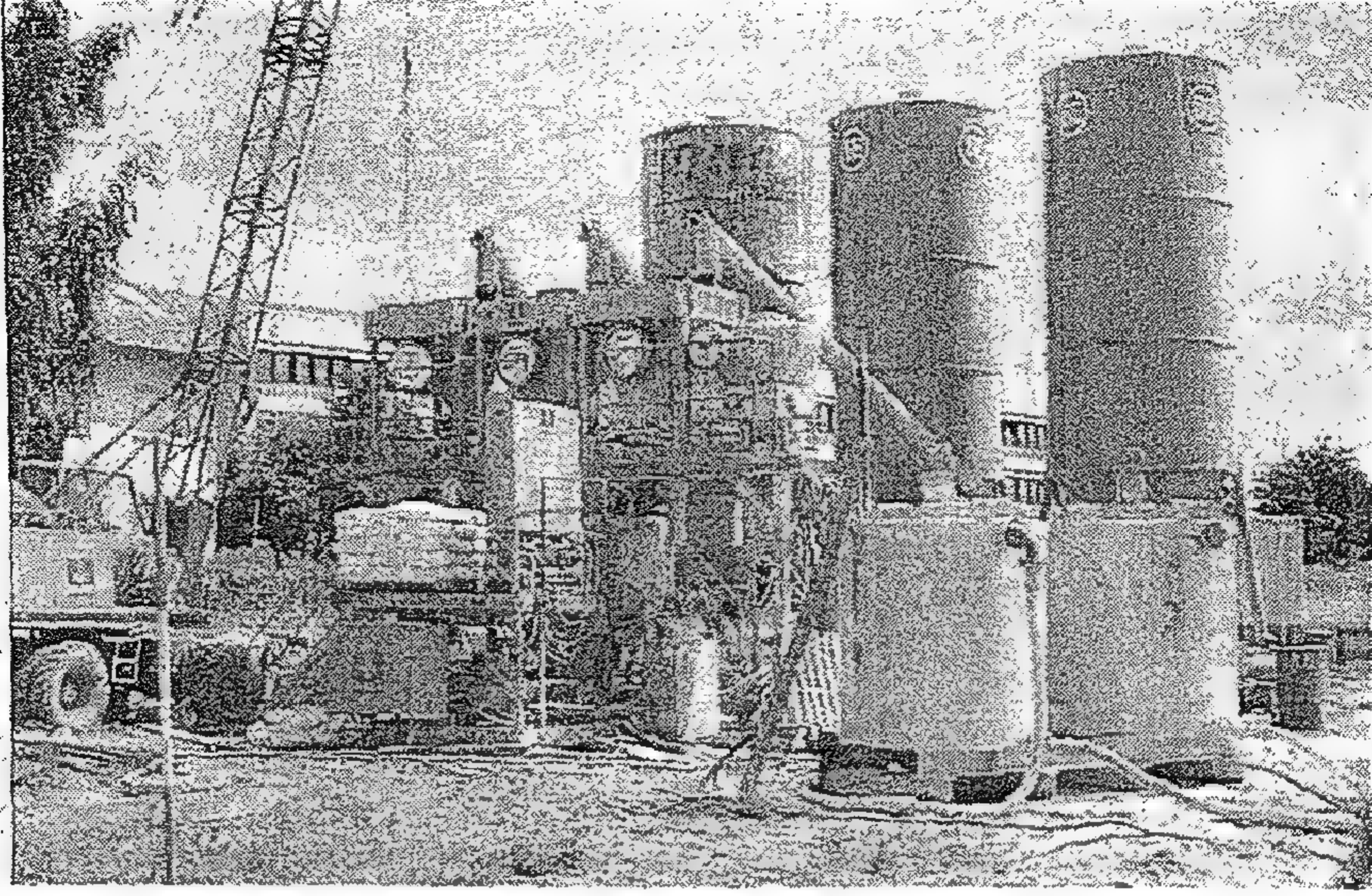
خايط وتجهيز ودفق مستحلب البنتونايت :

البنتونايت : هو طفلة مطحونة الي درجة نعومة فائقة . تخطط بالماء ليصبح مستحلب (مثل الطحينة) - وظيفة هذا المستحلب هو صلب جوانب الحفر العميق (مثل الخوازيق أو حوائط الديافرام) ، والضغط علي جوانب التربة والمحافظة عليها من الأنهيار عن طريق دفعها داخل قطاع الحفر حتي سطح الأرض (قبل تسليح الحوائط) حيث تعطي ضغطا يقاوم (الي حد كبير) أنهيار التربة .

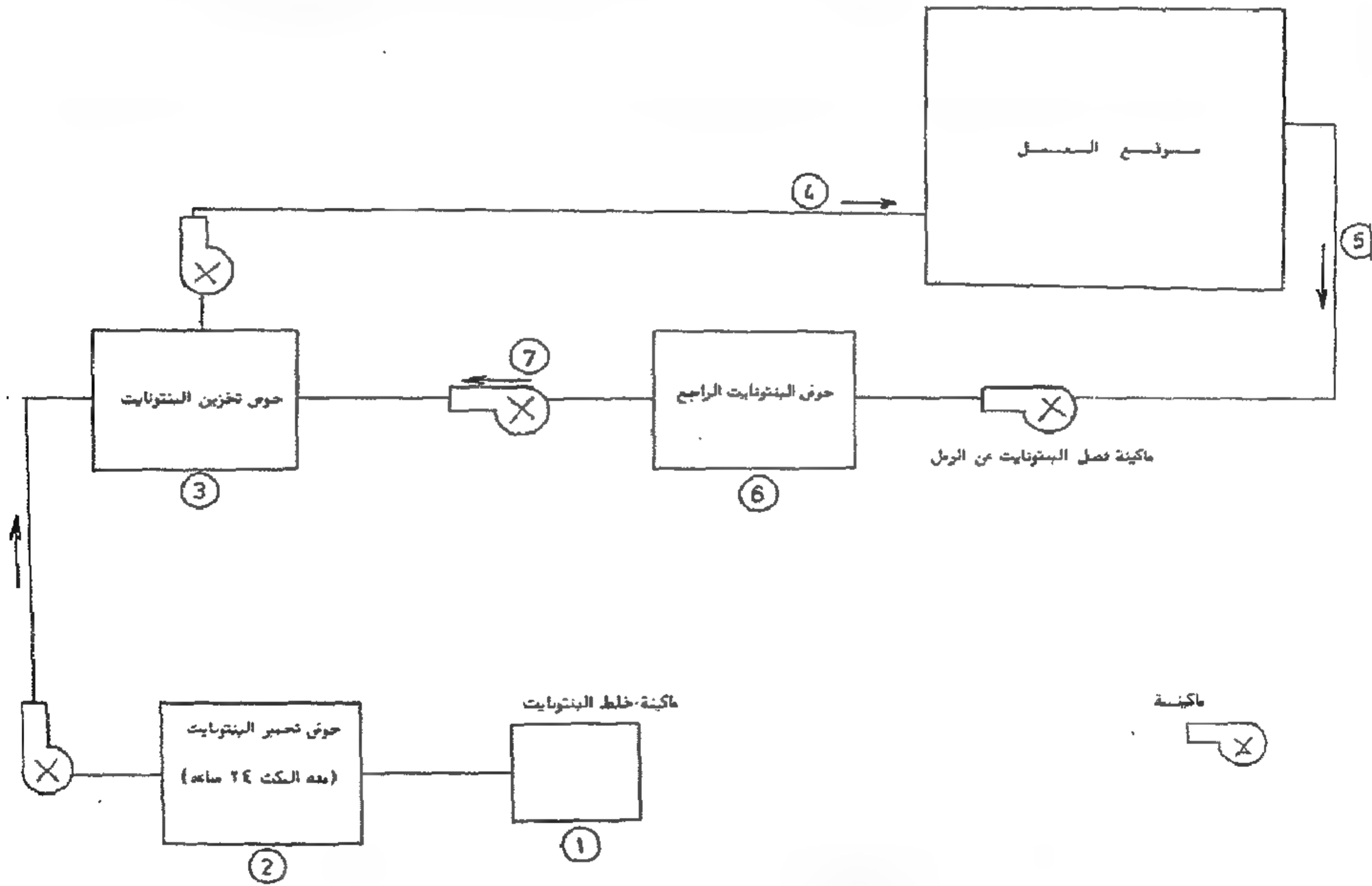
ولا تأثير لهذا المستحلب علي الخرسانة التي يتم صبها - شكل (٣) .

١ - يتم دفع البنتونايت الي الحفر حتي يحافظ علي جوانب الحفر من الأنهيار . يفضل سرعة أنجاز صب الخرسانة و نهو العمل بالحائط وعدم تركه وقتا طويلا .

٢ - تنزيل شبكة التسليح الي الحفر - ملحومة ومزودة بقطع (البسكوت) البلاستيك = ٧ سم للمحافظة علي الشبكة من الالتصاق علي جانب التربة .



شكل (٣) محطة خلط البنتونايت - يمكنها ضخ خليط البنتونايت بمعدل ٥٠ متر مكعب / الساعة



شكل (٣) مخطط يبين دورة البنتونايت أثناء التنفيذ

- ١ - ماكينة خلط البنتونايت .
- ٢ - حوض تخمير البنتونايت - مدة المكث ٢٤ ساعة .
- ٣ - حوض تخزين البنتونايت .
- ٤ - موقع العمل (حائط الديافرام) .
- ٥ - عودة الخليط مع فصل الرمال عن البنتونايت .

٦ - حوض تخزين البنتونايت الراجع .

٧ - ضخ البنتونايت الراجع الي حوض التخزين .

صب حوائط الديافرام :

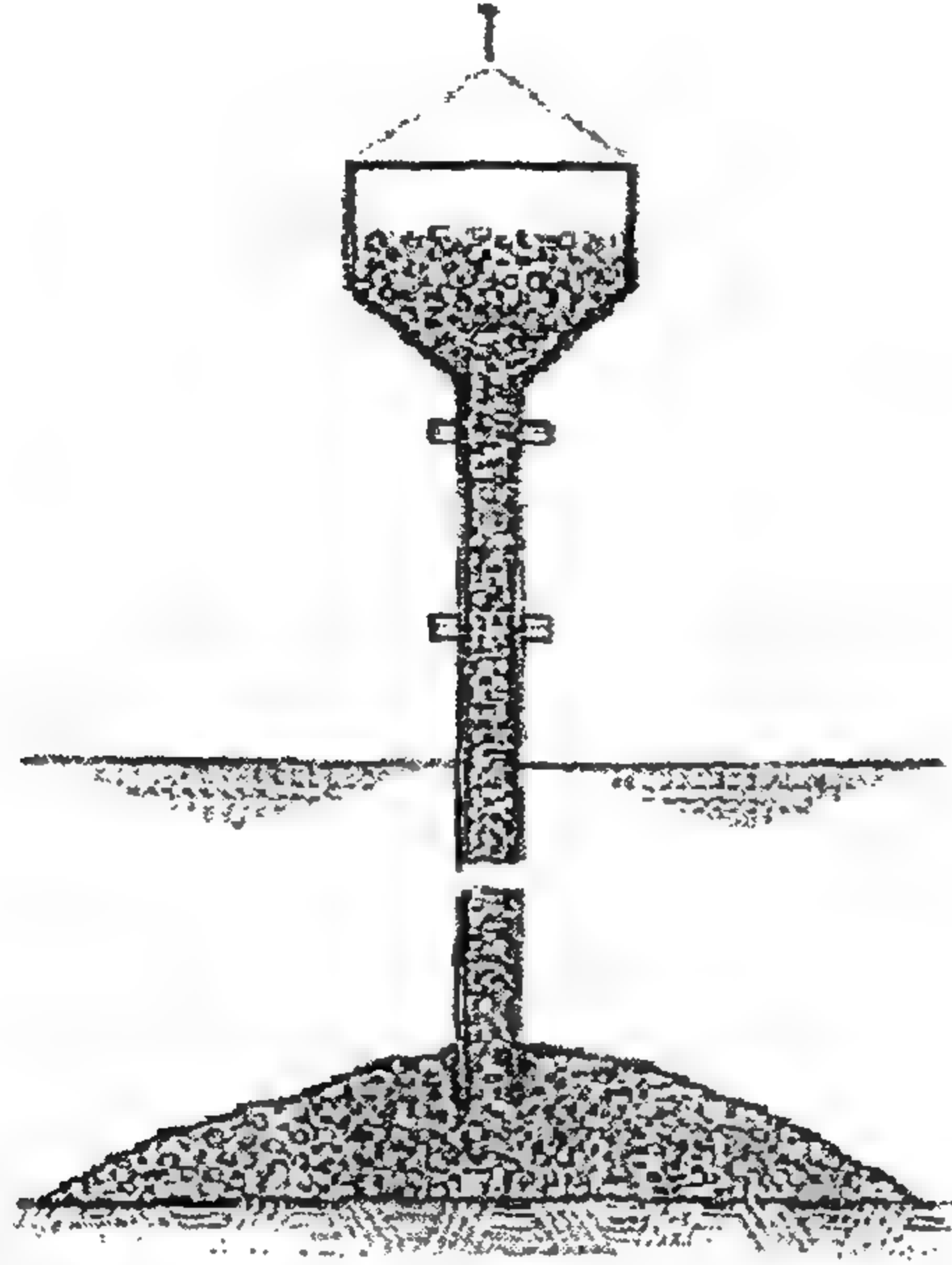
١ - صب الحائط بكامل ارتفاعه باستخدام مزراب معدني طويل و مستدير ، يبدأ من قاع الحائط وينتهي بقمع لصب الخرسانة الجاهزة (المزراب بطول الحائط) - شكل (٤) .

٢ - نبدأ الصب بحيث لا ترتفع نهاية المزراب السفلي فوق سطح الخرسانة الجاري صبها وإنما يكون مغمورا داخل الخرسانة الخضراء حوالي ١٥ سم. السبب في ذلك أنه يحتمل سقوط أتربة علي الخرسانة من جوانب التربة ولا نشاهدها ، فباستمرار الصب يرتفع منسوب الخرسانة داخل الحائط حاملا أية أتربة تكون قد سقطت علي السطح الي منسوب الأرض ثم تتم أزالتهها بعد ذلك عند امتلاء الحائط بالخرسانة . كما يتم ملء الخرسانة لأي فراغات أو تجاويف تكون قد حدثت في جوانب التربة .

٣ - بتوالي صب الخرسانة - يظهر خليط البنتونايت ويطفو ويتدفق علي السطح . يتم تجميع هذا الخليط في حوض ترسيب علي سطح الأرض ثم يعاد ضخه وأستعماله ثانية في حائط آخر توفيراً في التكاليف .

٤ - قد يكون الحفر أطول من حائط الديافرام - لذا يتم وضع لوح معدني Stop End - رأسي تماما - به نتوات خاصة للعمل مثل الشدة في ضبط عرض الحائط أثناء الصب . هذه النتوات تساعد علي جودة التصاق الخرسانة الجديدة بخرسانة الحائط السابق ، بالإضافة الي تحسين مقاومة الفاصل الخرساني لمياه الرشح الأرضية . يزال هذا اللوح بعد تمام تصلد الخرسانة - شكل (٥) .

٥ - من الجائر تصنيع حوائط الديافرام جاهزة في الورشة ثم نقلها بالسيارات الي موقع العمل وتنزيلها في مكانها بواسطة الرافع - مشروع مترو الأنفاق - المرحلة الأولى .



شكل (٤) رسم توضيحي لصب الخرسانات لحوائط الديافرام - يري نهاية القمع مدفونة أسفل سطح الخرسانة طوال عملية الصب



تابع شكل (٤) صب الخرسانة داخل القمع المعدني (للمزrab) للأنشاءات العميقة

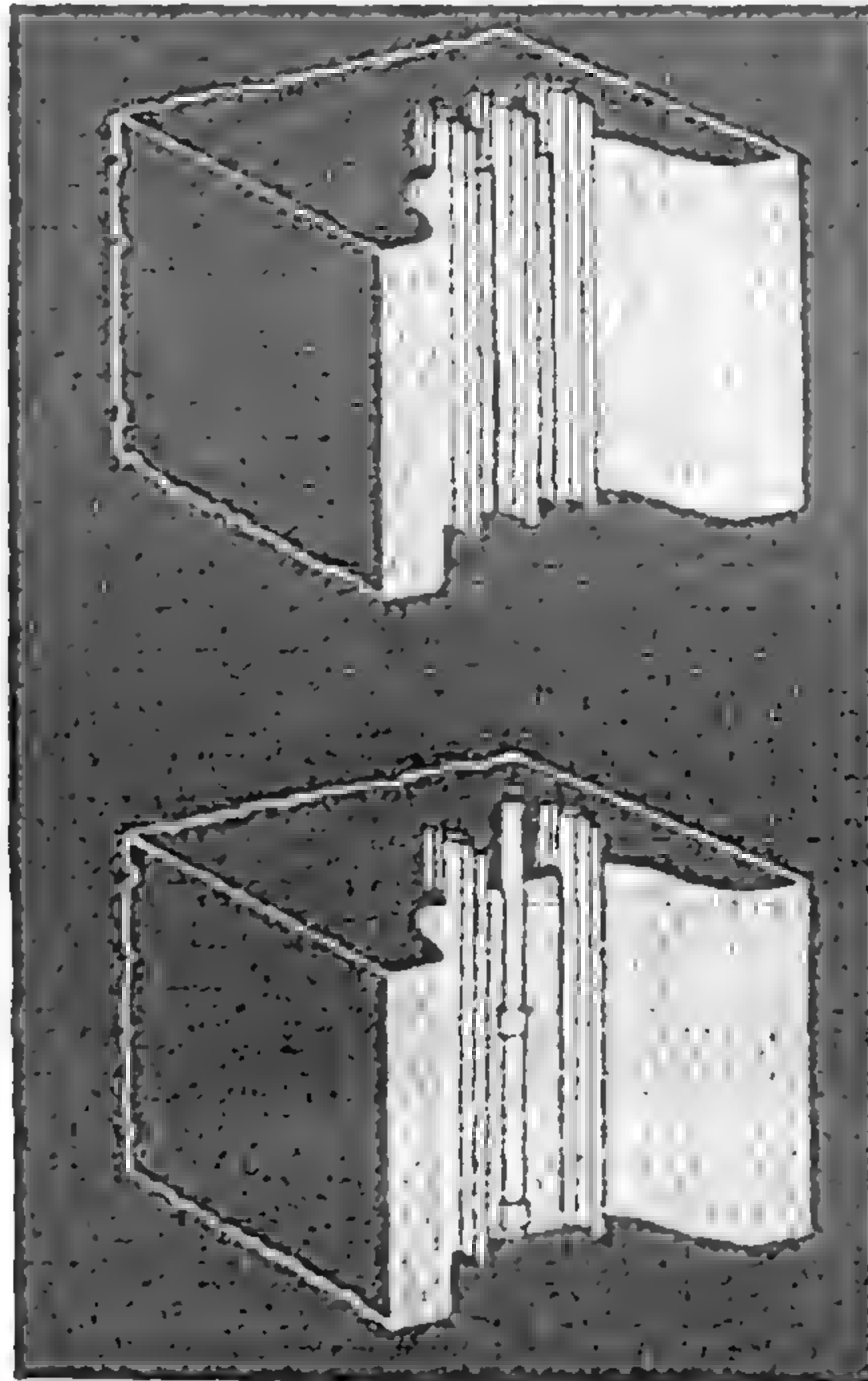
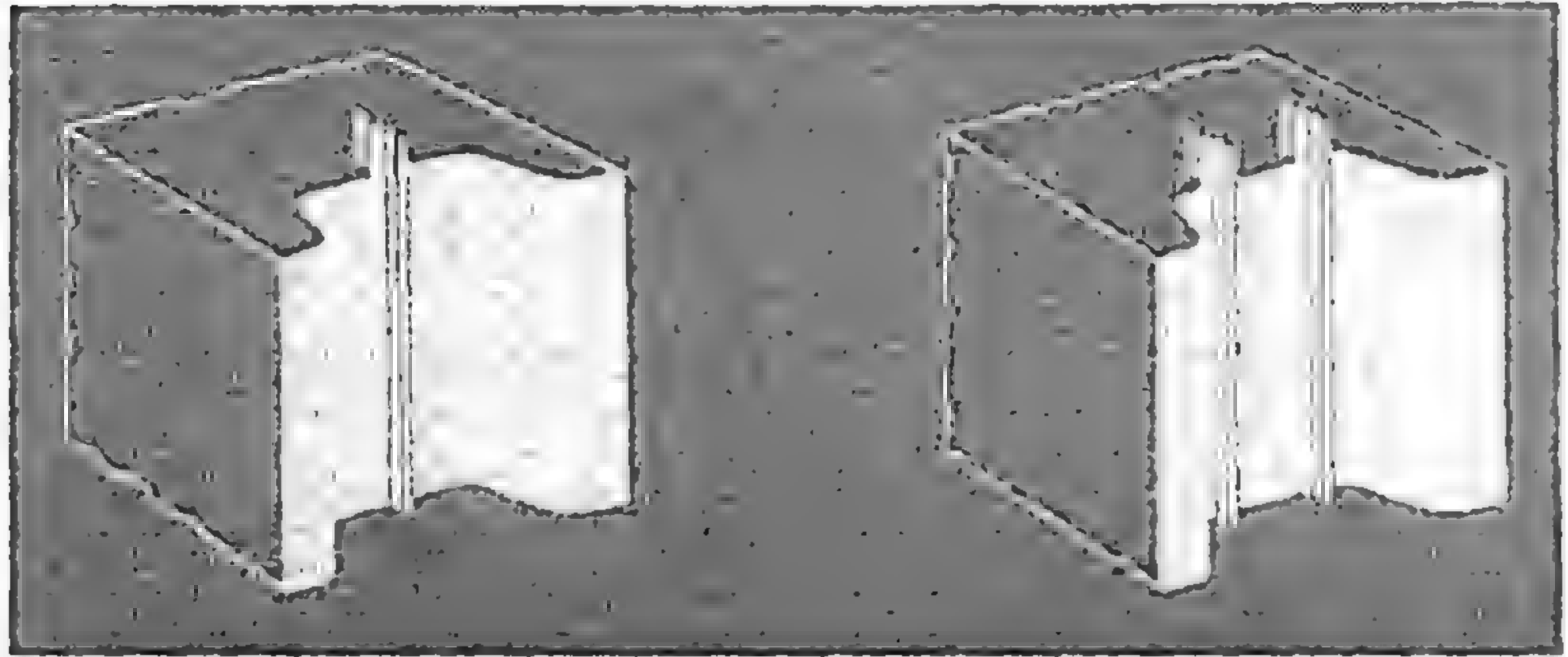
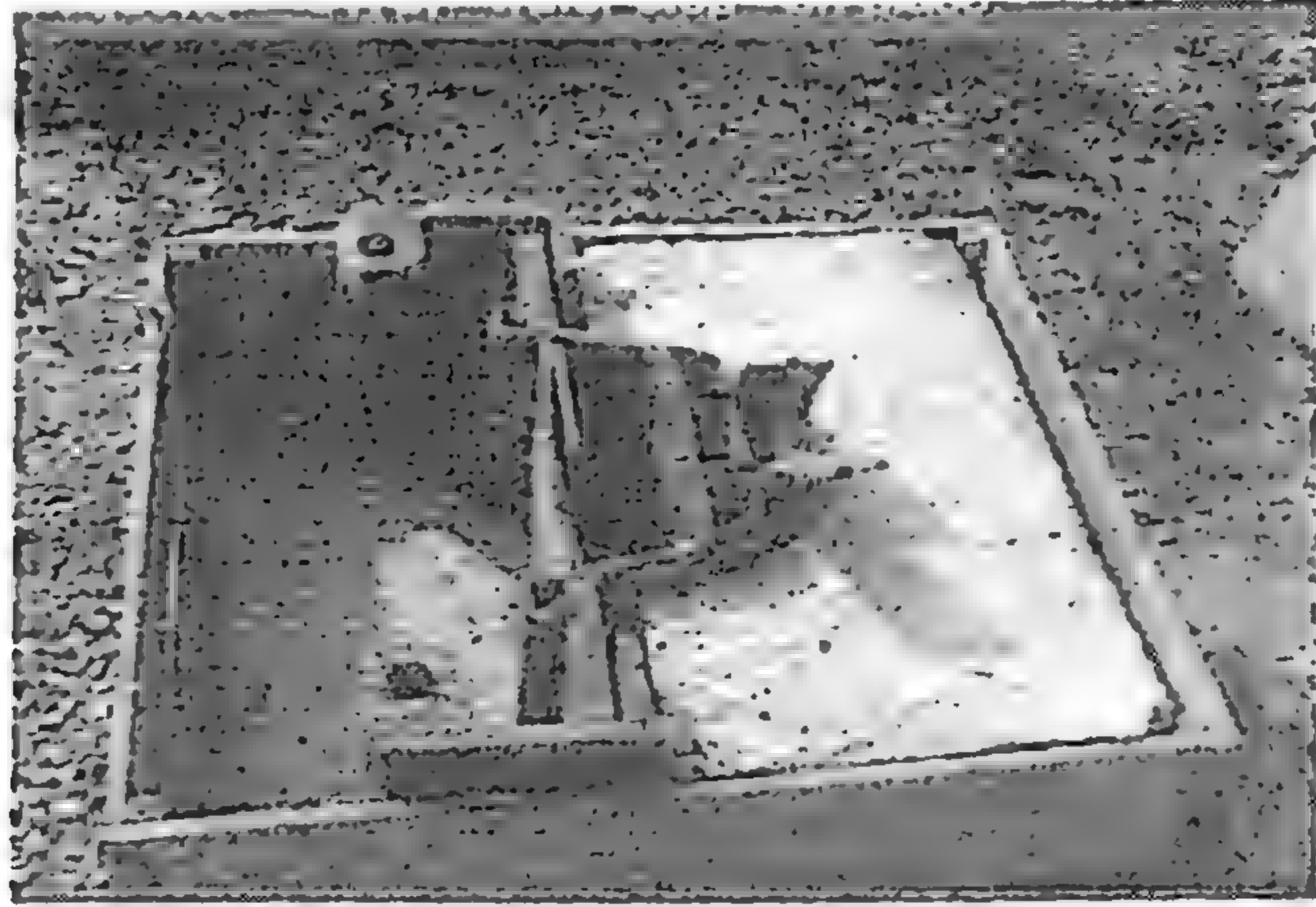
الاحتياطات الواجب مراعاتها أثناء صب الحوائط العميقة تحت الماء .

تكون نهاية ماسورة مزrab الصب تحت المياه مغمورة في الخرسانة في حوائط الديافرام العميقة أو الخوازيق - ولهذا أهمية قصوي ، والمزrab عبارة عن قمع

علوي يعلق في الرافع وتعلق به قطع مواسير مقلوطة من الجانبين قطر ٢٠ سم وطول ٢ متر - شكل (٤) . يتم تركيب وصلات مواسير المزراب مع بعضها بالرافع حتي تصل الي نهاية الحفر . يتم تركيب القمع ليستقبل الخرسانة من الدمبر أو سيارة نقل الخرسانة . مع توالي الصب ، قد يحدث ظهور خرسانة خضراء في القمع أثناء الصب. يدل ذلك علي أعاقه وصول الخرسانة إلي أوطي نقطة وأنها محبوسة بالمزراب . نوقف عملية الصب لثواني معدودة ثم يتم رفع المزراب ١٠ سم بالرافع (ونهاية ماسورة المزراب لا تزال مغمورة في الخرسانة) فتتدفق الخرسانة وتهبط من خلال المزراب لئلا قطاع الحائط ثم يستأنف الصب مرة أخرى وهكذا .



شكل (٥) لوح النهاية المعدني Stop End - يأخذ عدة أشكال حسب الشركة المنفذة

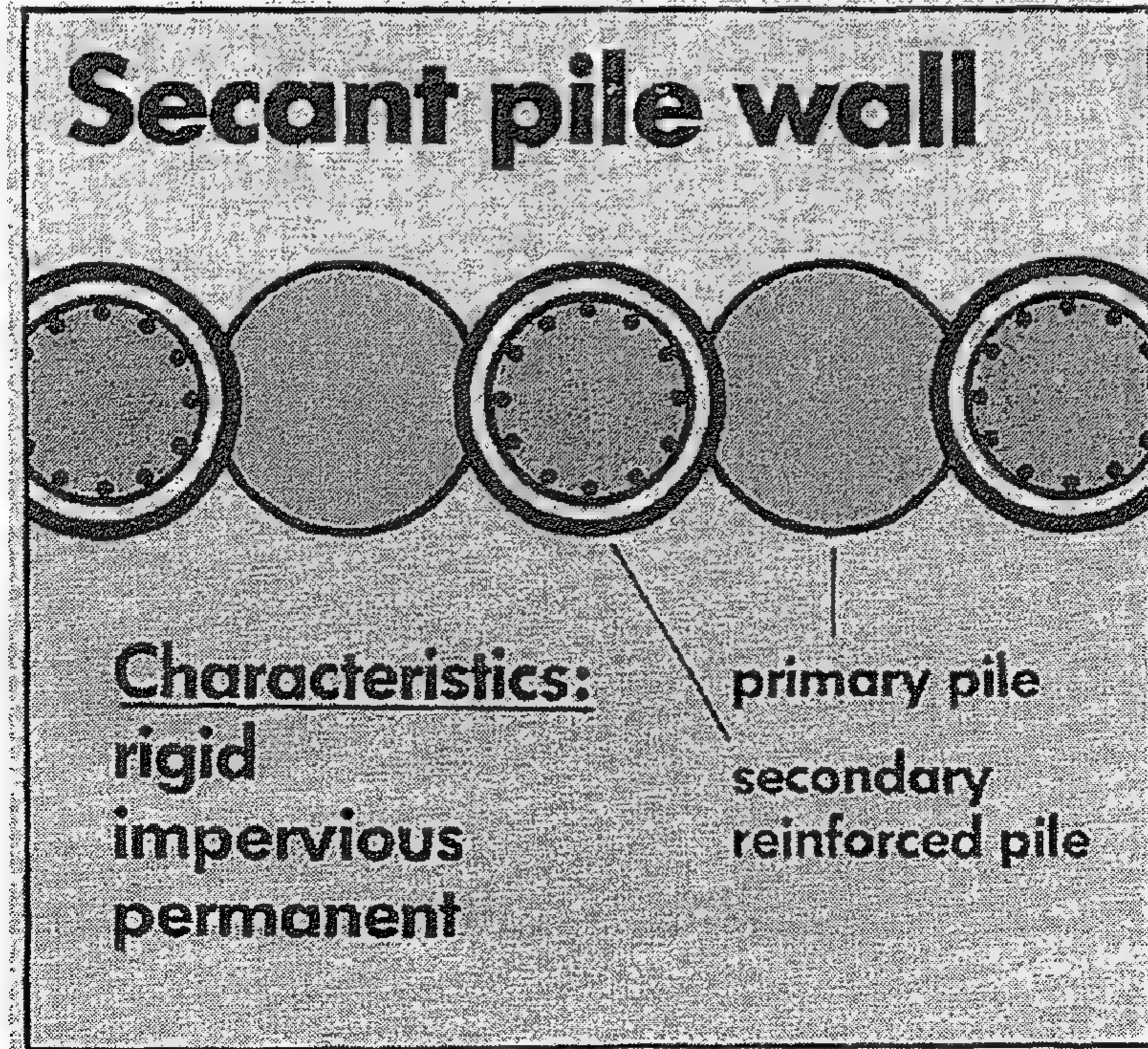


تابع شكل (٥) لوح النهاية المعدني Stop End

سمك حائط الديافرام الخرساني (سم)	٥٠	٦٠	٨٠	١٠٠	١٢٠
سمك حائط النهاية المعدني (سم)	٤٦	٤٦	٧٤	٧٤	٩٤

تنفيذ حائط الديافرام من الخوازيق المتماسكة :

- ١ - تخطيط و تنفيذ كمرات الدليل .
 - ٢ - حفر الخوازيق المكونة لحائط الديافرام و تكون كلها من الخرسانة المسلحة .
- يكون تصميم الخوازيق من كابولي بسيط Simple cantilever أو من خوازيق مزودة بشدادات خلفية أو تزود بدكم داخلية Struts حسب التصميم . تطبق طريقة تنفيذ هذه الخوازيق متماثلة تماما مع طريقة تنفيذ حوائط الديافرام . تعمل هذه الخوازيق مثل الحائط الساند وتكون هذه الخوازيق تكون جزء من جسم حائط النفق - شكل (٦) .



شكل (٦) قطاع أفقي للخوازيق المتماسكة - تستخدم كحائط ساند لمداخل ومخارج الأنفاق

- ٣ - الحفر في قطاع المنشأ أو النفق حتي المنسوب المطلوب مع عمل الطرق التنفيذية اللازمة لمقاومة المياه الجوفية (إن وجدت) .
- ٤ - تنظيف سطح الخوازيق من الطين العالق بالجسم وذلك بواسطة الرمال Sand plast . في حالة وجود رشح مياه أرضية بين جسم الخوازيق ، يتم عمل حقن وعلاج لنقاط الرشح .
- ٥ - عمل وتنفيذ العزل اللازم للحوائط أو الخوازيق ضد مياه الرشح (إن وجدت).
- ٦ - صب الخرسانة العادية طبقا للرسومات والناسيب التصميمية .
- ٧ - في منسوب الأرضية ، تكون الخوازيق مزودة بأشارات حديد تسليح مماثلة لحديد التسليح ببلاطة الأرضية ومدفونة بالخرسانة . نبدأ في إزالة الغطاء الخرساني من جسم الخوازيق في منسوب البلاطة فقط ، ثم يتم فرد أشارات حديد التسليح الموجودة بالخازوق وفردها علي الأرضية المسلحة للنفق لتتشابك مع تسليح الأرضية .
- ٨ - نصب خرسانة الأرضية .
- ٩ - تعمل شدة نجارة رأسية أمام أسطح الخوازيق بمسافة ١٠ - ١٥ سم ليكون الحائط من الداخل مستويا تماما.
- ١٠ - تجري عمليات التشطيبات النهائية للنفق .



Herka pumping station - diaphragm walls

شكل (٦) محطة طلمبات رفع مياه الصرف الصحي أثناء الإنشاء بمنطقة أرض البركة - القاهرة
منفذة بواسطة حوائط ديافرام من خوازيق متماسة

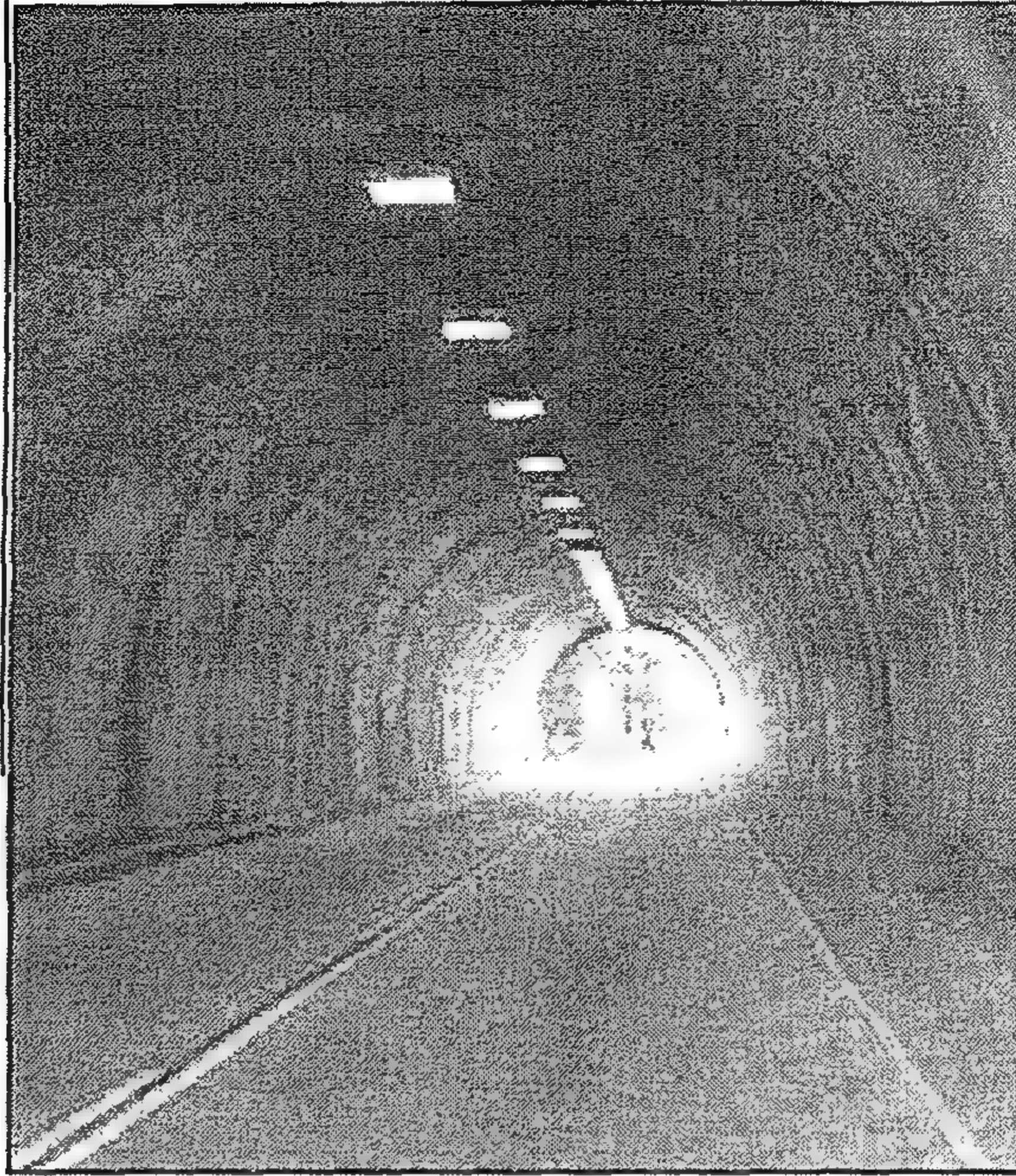
المراجع

- ١ - مشروع مترو أنفاق القاهرة - المرحلة الأولى .
- ٢ - معهد التدريب الفني والمهني - شركة المقاولون العرب .

1

الإنشاءات المتميزة

تقنيات الإنشاءات



الباب الثالث

أنفاق الحفر المكشوف

CUT AND COVER TUNNELS

الأنفاق بالحفر المكشوف

CUT AND COVER TUNNELS

تقديم :

يعتبر هذا النظام أكثر اقتصاداً من أنظمة إنشاء الأنفاق بالطرق الأخرى ويمتاز بالآتي:

١ - سهولة التنفيذ والأنشاء .

٢ - أقل تكلفة من باقي انواع الأنفاق .

وخير مثال للأنفاق بالحفر المكشوف هو مشروع مترو أنفاق القاهرة- المرحلة الأولى.

كما أن من عيوبه :

١ - تعطيل المرور في كامل مسار النفق مدة الأنشاء .

٢ - تدمير البنية الأساسية في موقع النفق من طرق و مواسير وكابلات

وأضطرار السلطات الي إعادة أنشاء هذه المرافق في أماكن أخرى وبتكاليف

باهظة .

٣ - تكلفة إعادة الرصف مكان أنشاء النفق .

الخطوات التحضيرية لبدء العمل :

١ - البدء في تحويل المرافق المتعارضة مع مسار النفق من طرق و مواسير

وكابلات و أرصفة وحدائق

٢ - تحويل المسارات المرورية لمسارات بديلة .

٣ - عمل تحقق مساحي للعقارات المجاورة لمسار النفق Dilapidation survey يتم

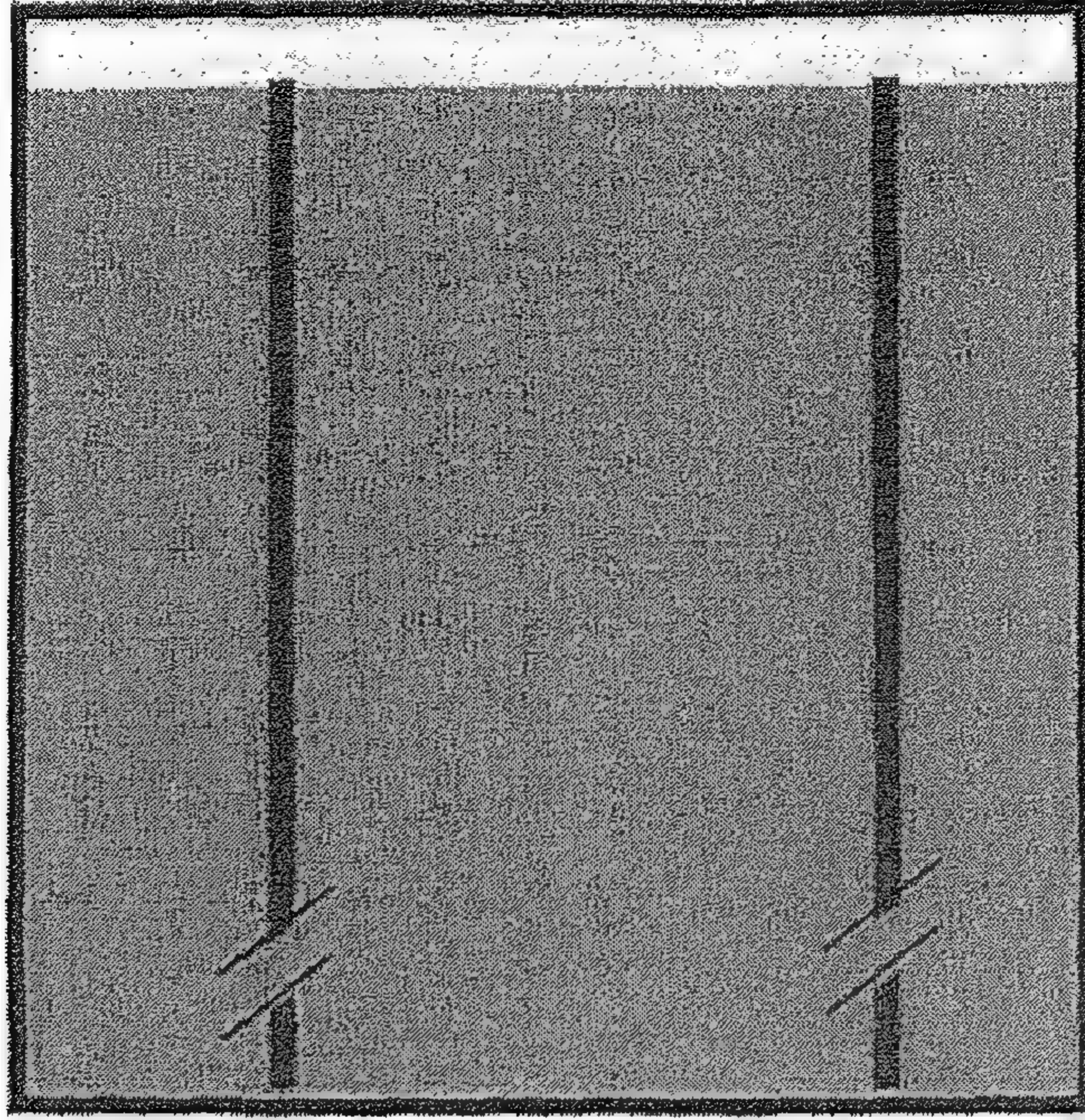
فيها التعرف علي حالة المنشآت والشروخ والتصدعات الموجودة بها ،

بالإضافة الي تسجيل وعمل ملف لكل عقار مدونا به الموقع والحالة الانشائية

الراهنة ومواقع الشروخ (أن وجدت) وهل هذه الشروخ نشطة أم خاملة وهل

هناك هبوط بالمنشأ ؟ وهل جري للمنشأ قرار تتكيس ؟ وذلك قبل البدء في

التنفيذ .



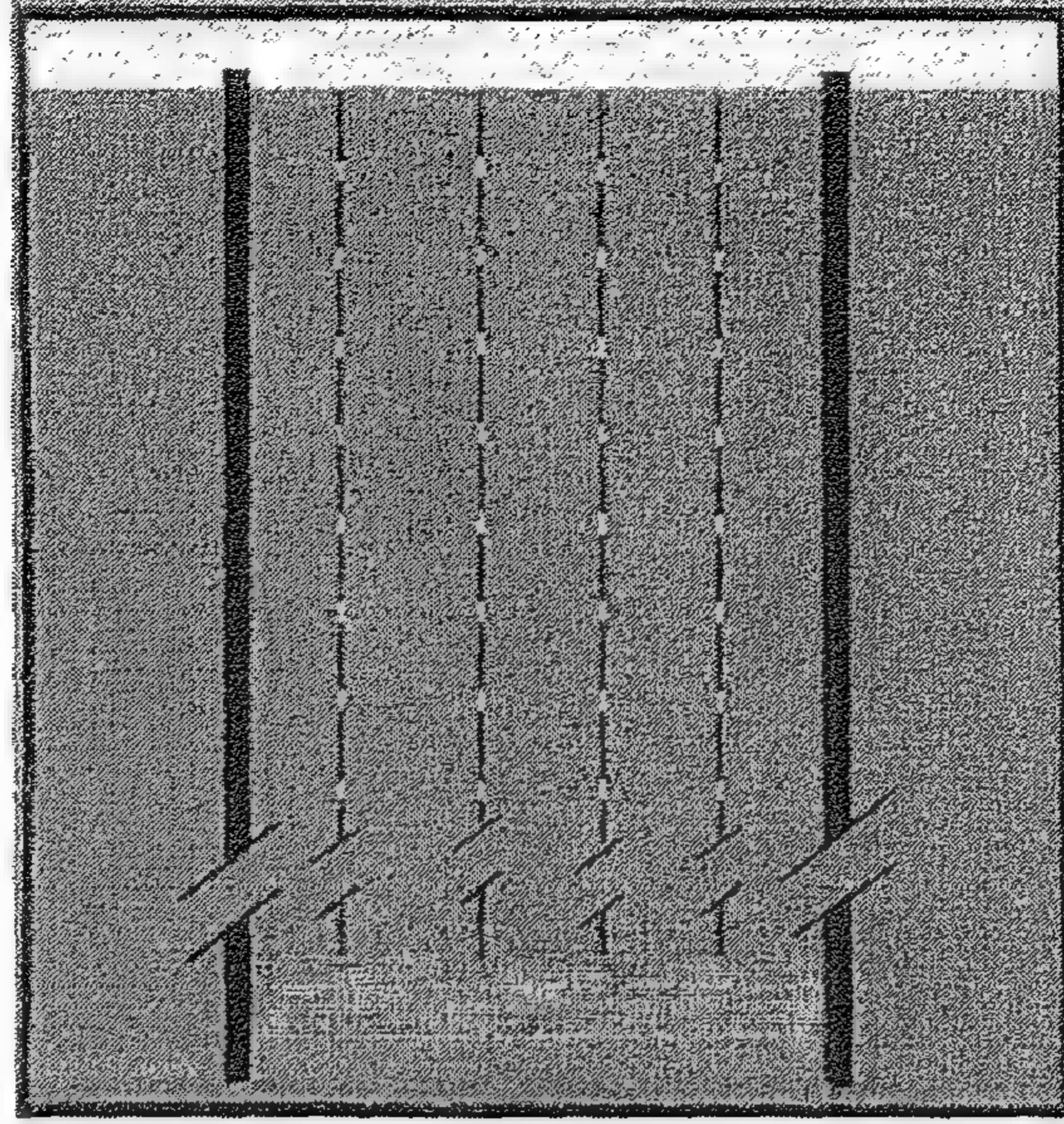
المرحلة الأولى :

١ - تحديد مسار النفق ، عمل التحويلات المروية اللازمة وكذلك تحويل المرافق المتقاطعة مع المسار مثل مواسير المياه والمجاري والغاز وكذلك الكابلات الكهربائية والتليفونية .

٢- تحديد محور النفق ومن ثم محاور حوائط الديافرام التي تكون جسم النفق .

٣- إنشاء كمرات الدليل من الخرسانة المسلحة حول كل حائط ديافرام بقطاع (٣٠ × ١٠٠) رأسية تماما ، لضبط والسيطرة علي حفارة حوائط الديافرام Diaphragm walls وليكون قطاع الحفر مساويا تماما للوحات التصميمية - كما هو مبين . المسافة بين هذه الكمرات = سمك حائط الديافرام + ٥ سم .
يرجي مراجعة الباب الثاني - حوائط الديافرام.

٤ - طول حائط الديافرام = ٥٠ متر و سمك الحائط = ١,٢ متر - عرض الحائط = ٥,٥ - ٧,٥ متر حسب الحالة . بين الحائط والتالي له شريط مانع للرشح من PVC (في حالة الحوائط سابقة الصب- مشروع مترو أنفاق القاهرة) .



المرحلة الثانية :

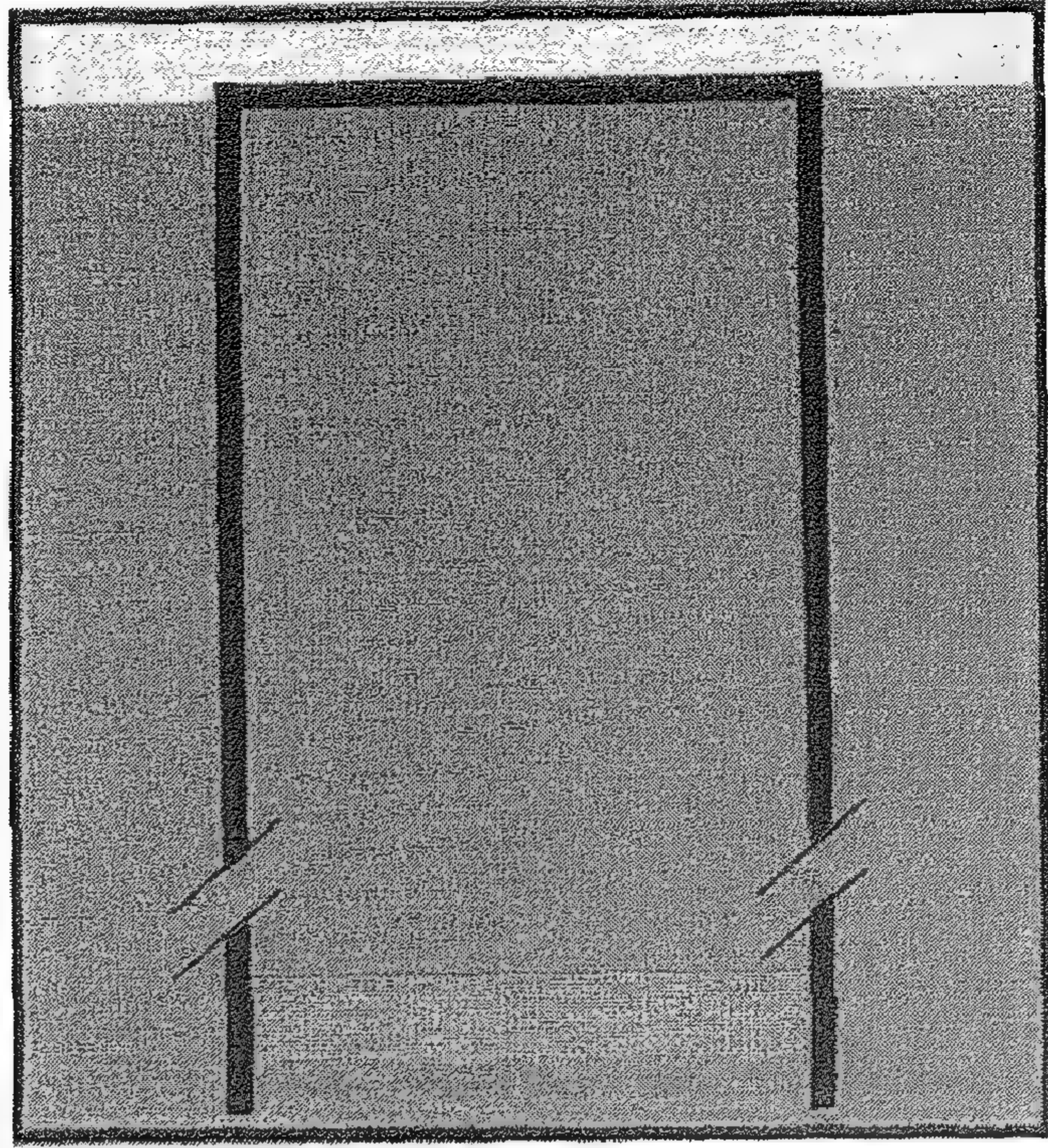
١ - الحفر بين كمرات الدليل المدفونة بواسطة حفارة حوائط الديافرام حتي العمق التصميمي للحائط و بالعرض والسماك المطلوب . تكون حوائط الديافرام سابقة الصب وتكون في أحوال أخرى - خاصة - مصبوبة بالموقع - حالة محطات مترو الأنفاق .

٢ - دفع البنتونايت الي الحفر حتي يحافظ علي جوانب الحفر من الانهيار . يفضل سرعة الصب و الأنجاز و نهو العمل بالحائط وعدم تركه أوقاتا طويلة .

٣ - تنزيل شبكة التسليح الي الحفر - ملحومة و مزودة بقطع البلاستيك (البسكوت) = ٧ سم للمحافظة علي الشبكة من الالتصاق علي جوانب التربة .

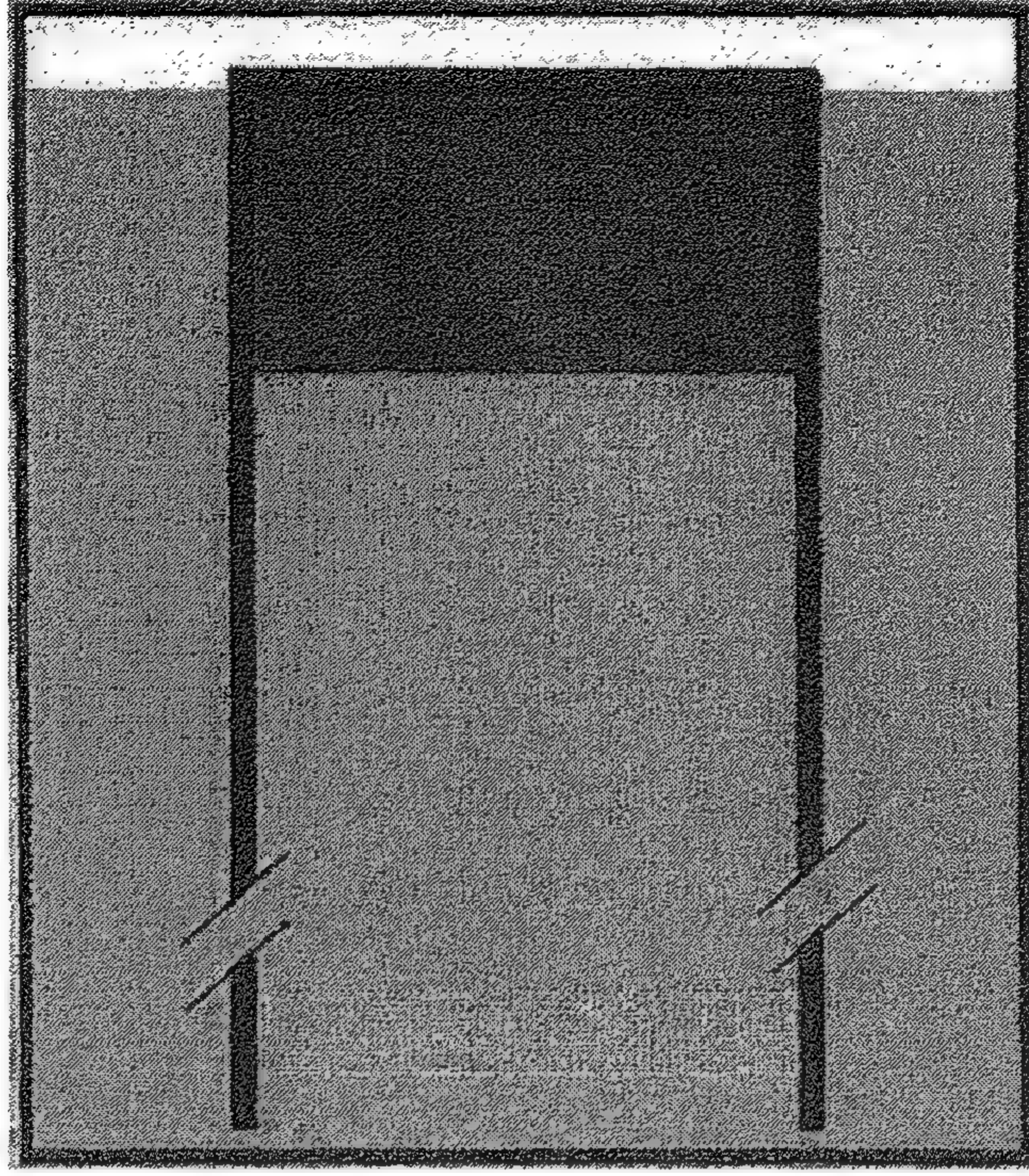
٤ - صب الحائط بكامل ارتفاعه باستخدام مزارب معدني طويل ، يبدأ من قاع الحائط وينتهي بقمع لصب الخرسانة الجاهزة (المزارب بطول الحائط) . راجع الباب الثاني (حوائط الديافرام) .

٥ - عمل ستارة من الحقن أسفل أرضية النفق الرئيسي لمقاومة مياه الرش بصفة دائمة بسمك ٧ متر (مشروع مترو أنفاق القاهرة .. يرجى مراجعة الباب الثاني عشر (مقاومة المياه الجوفية) .



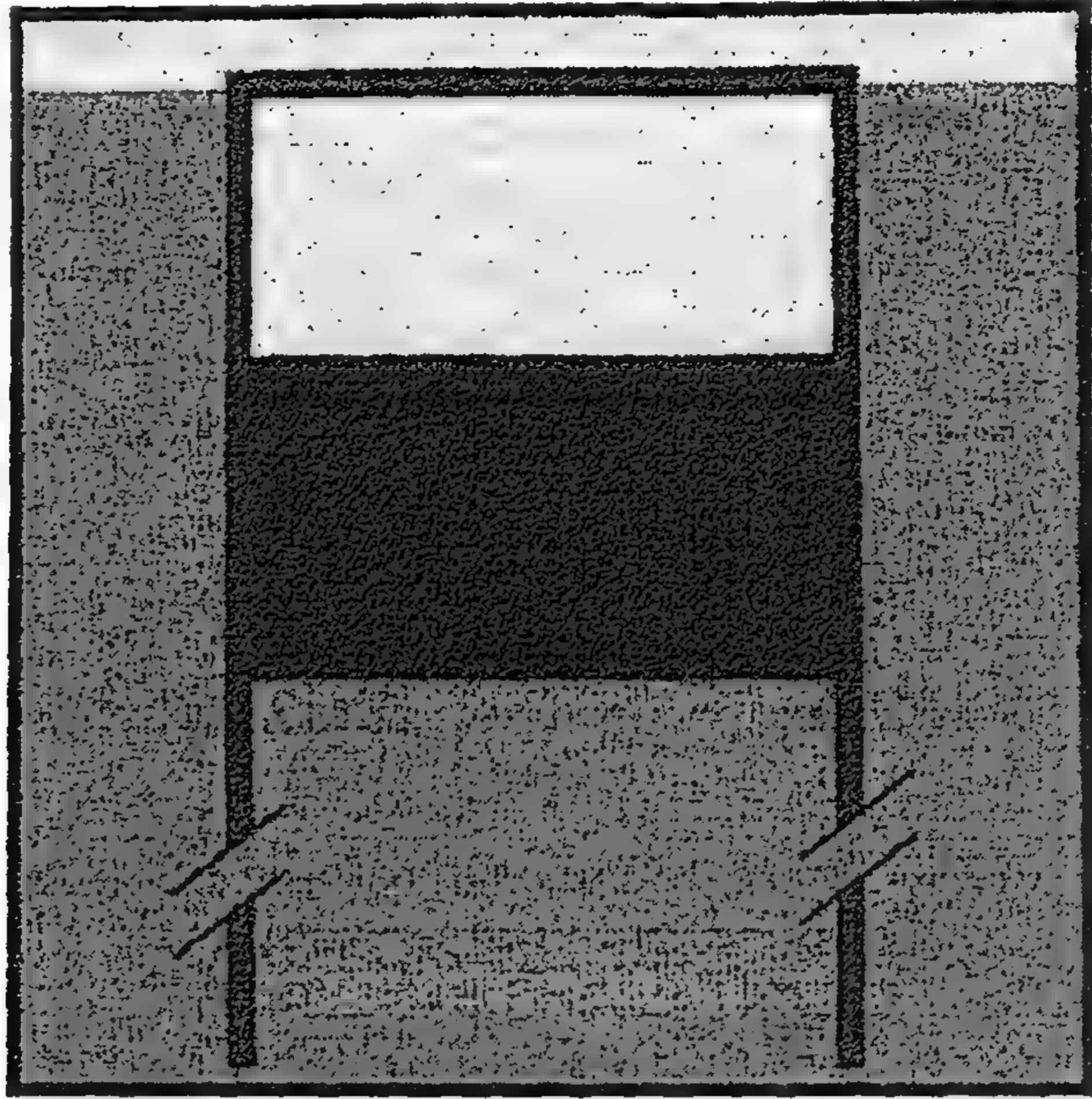
المرحلة الثالثة :

- ١ - الحفر من سطح الأرض حتي منسوب باطن أول سقف خرسانة مسلحة (مؤقت) في النفق .
- ٢ - يعمل سقف خرساني مسلح مؤقت و يعمل به فتحة (١٢ م × ١٢ م) لرفع الأتربة والمخلفات من داخل النفق وكذلك الأمداد بالمون ومواد البناء الي داخل النفق .
- ٣ - يفضل عمل السقف المذكور جاهز الصب (Pre cast) من كمرات جاهزة الصب ترص علي حائطي الديافرام بفاصل حوالي ٢,٥ متر ، ثم يتم رص بلاطات للسقف سمك ٨ سم من الخرسانة المسلحة سابقة الصب مع كانات حديد Dowels للرباط في السقف الأصلي تعمل كشدات مسلحة لصب البلاطة الرئيسية .
- ٤ - الردم والتسوية ثم الدمك ثم فتح طريق المرور أعلي السقف .



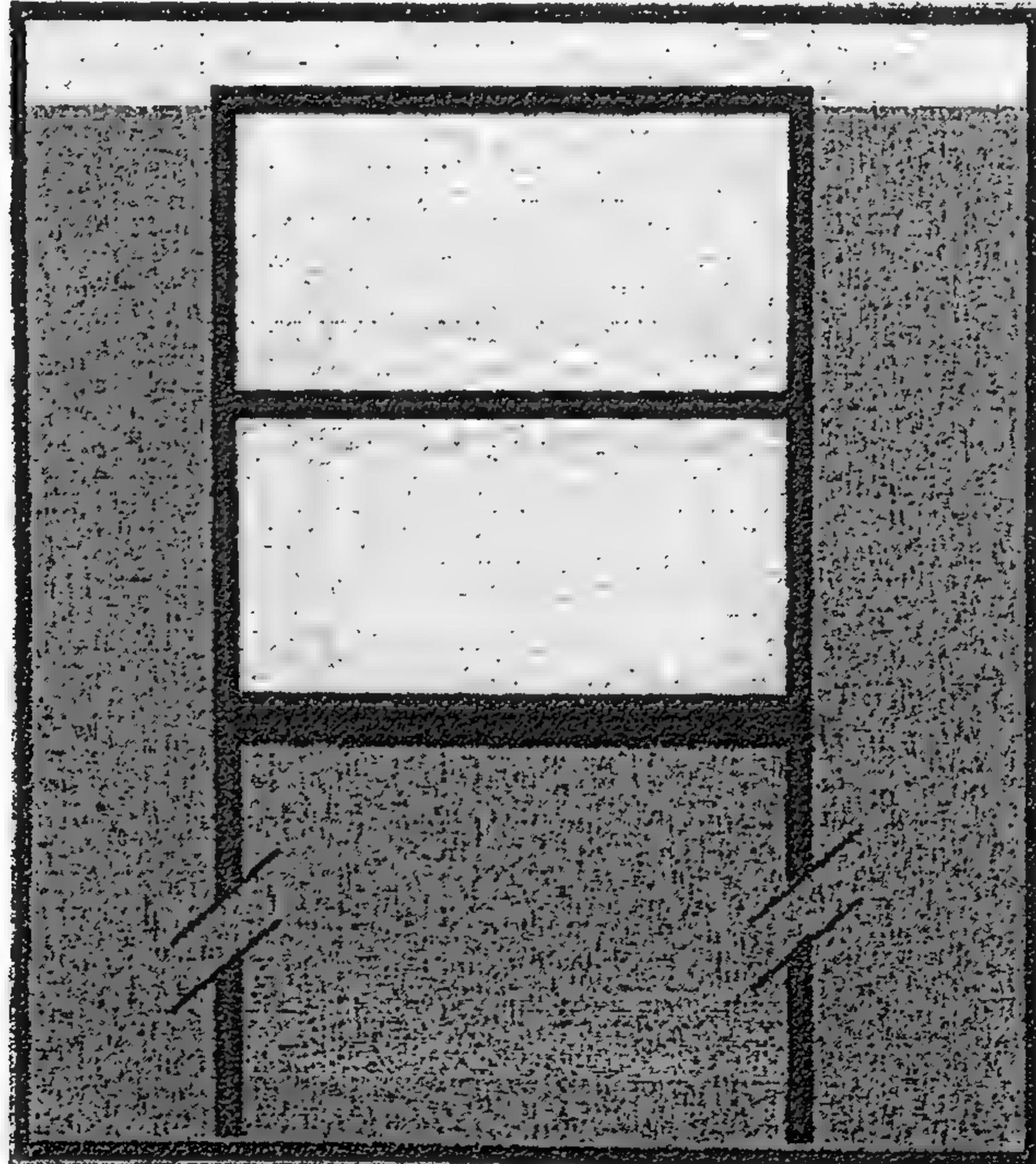
المرحلة الرابعة :

- ١- صب الخرسانة المسلحة للسقف .
- ٢- الحفر داخل النفق حتي منسوب أول صف من الركائز Struts مع توالي نزح المياه .
- ٣- وضع وتثبيت ركائز أول صف لسند الحوائط حسب التصميم .
- ٤- تتم أعمال الحفر لمنسوب حصيرة الأرضية.
- ٥ - وضع السنادات (الدكم - Struts (للصف الثاني
- ٦ - الحفر حتي منسوب أرضية النفق.



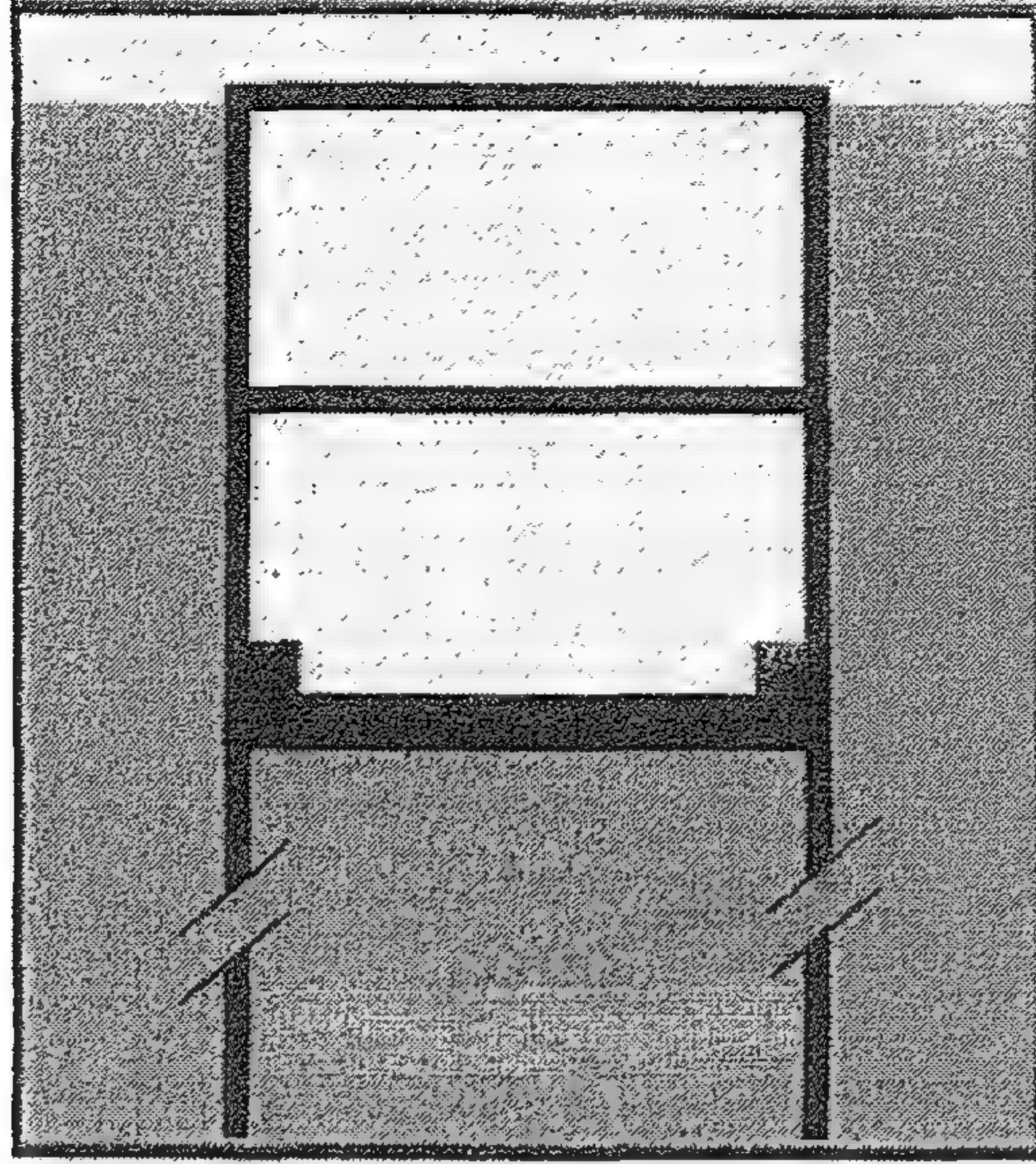
المرحلة الخامسة :

- ١ - الحفر حتي منسوب بلاطة الأرضية .
- ٢ - وضع ركائز مؤقتة لصلب الحوائط حتي أتمام تنفيذ بلاطة الأرضية .
- ٣ - صب الخرسانة العادية أسفل البلاطة المسلحة.



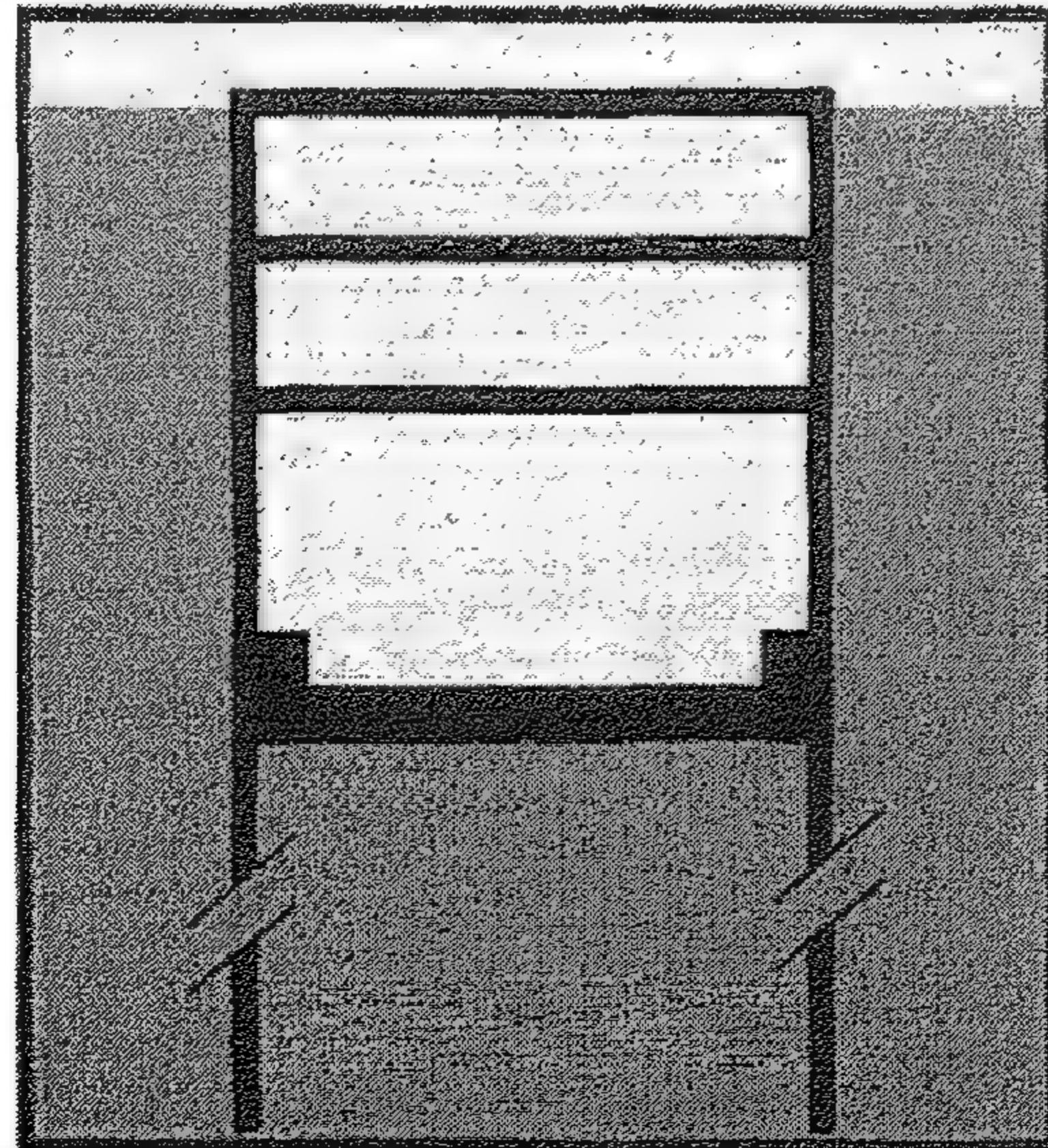
المرحلة السادسة :

- ١ - وضع نظام العزل اللازم للنفق .
- ٢ - صب أرضية النفق المسلحة.
- ٣ - إزالة الركائز المؤقتة.



المرحلة السابعة :

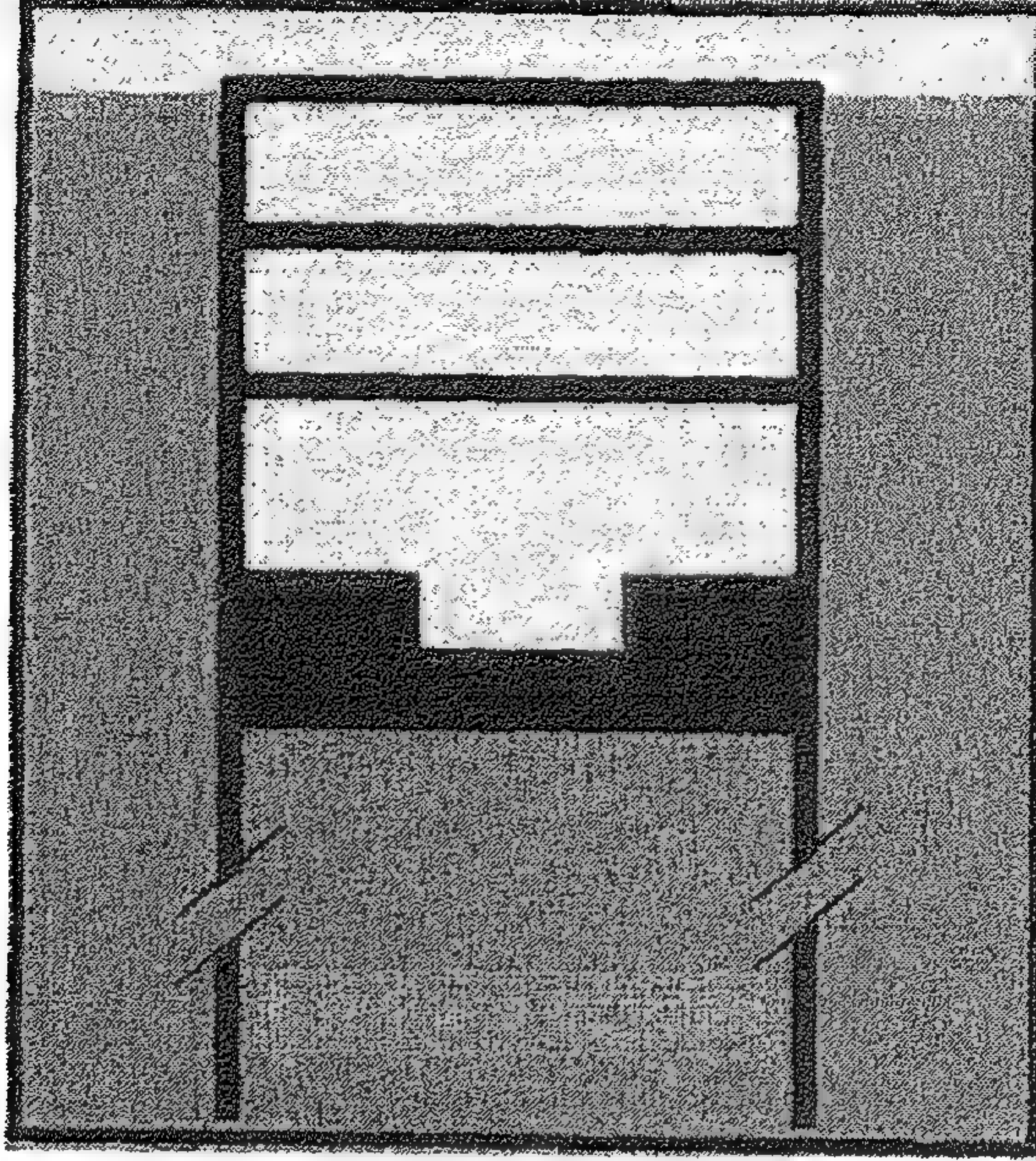
أنشاء أرتكازات Corbels بطول الأرضية لمقاومة الدفع المائي والرشح لأعلي الواقع علي البلاطة .



المرحلة الثامنة :

١ - تنفيذ الأعمدة والحوائط الداخلية للمحطات .

٢ - تنفيذ سقف غرف التذاكر للمحطات .



المرحلة التاسعة :

١ - إنشاء الأرصفة للقطارات بالمحطات .

٢ - البدء في تشطيب النفق .

أنشاء المحطات :

تتبع نفس خطوات إنشاء المحطات علي الأنفاق المجزأة .

• التبططين وعزل قطاع النفق من الخارج :

• التبططين برقائق البولي فينيل كلورايد :

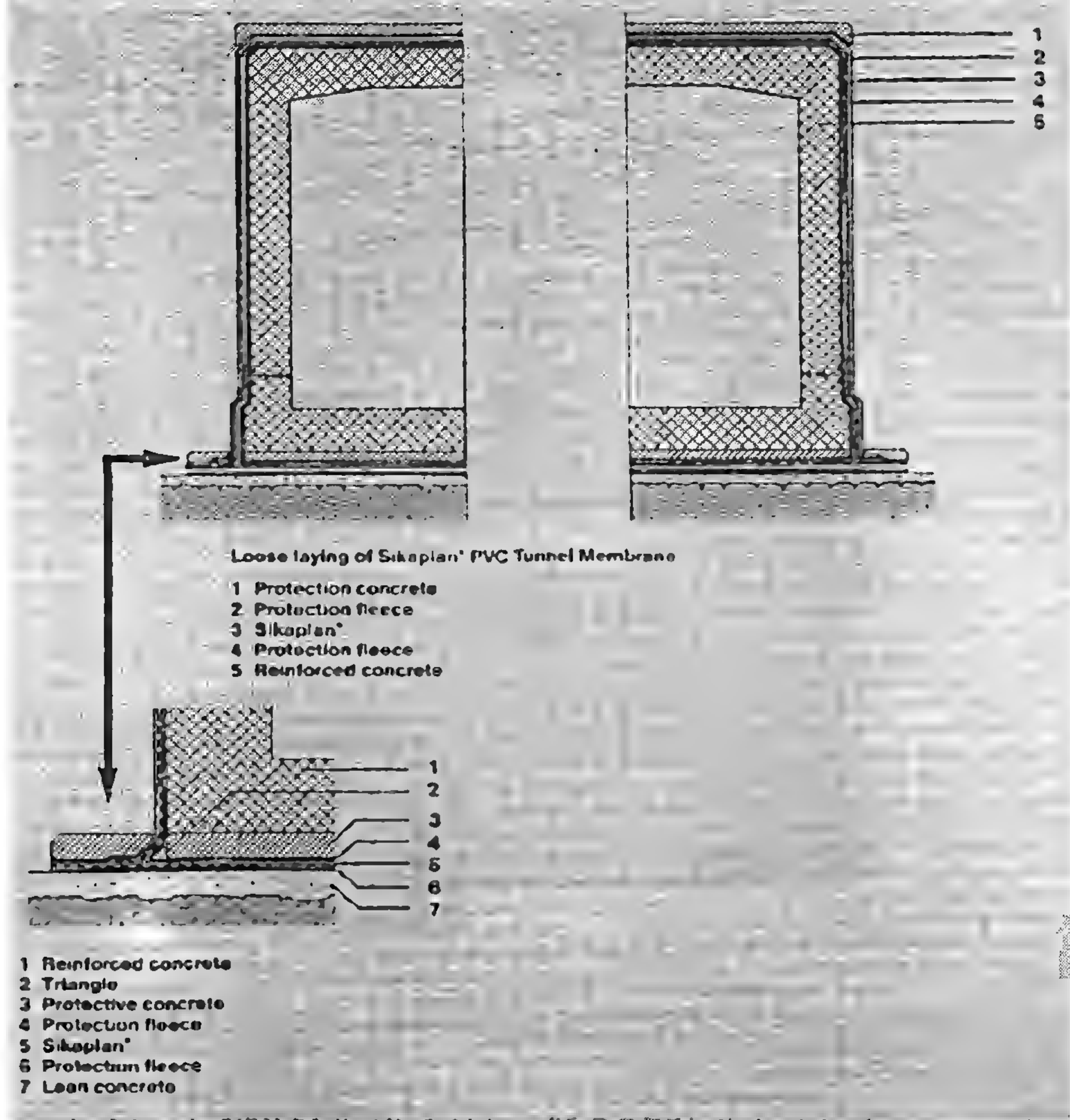
يتم تبطين محيط النفق بواسطة رقائق بوليفينيل كلورايد PVC . تكون هذه الرقائق

علي شكل ألواح يمكن طلبها باطول وبالسماك المطلوب . يمكن طلب المقاسات

المناسبة للعمل وكذلك سمك الرقائق ، وعادة يكون السمك من ١,٥ - ٢ مم .

يمكن أن تكون تلك الرقائق مقاومة للحريق - شكل (١) .

Open cut tunnel



شكل (١)

عزل الأنفاق المنشأة بطريقة الحفر المكشوف

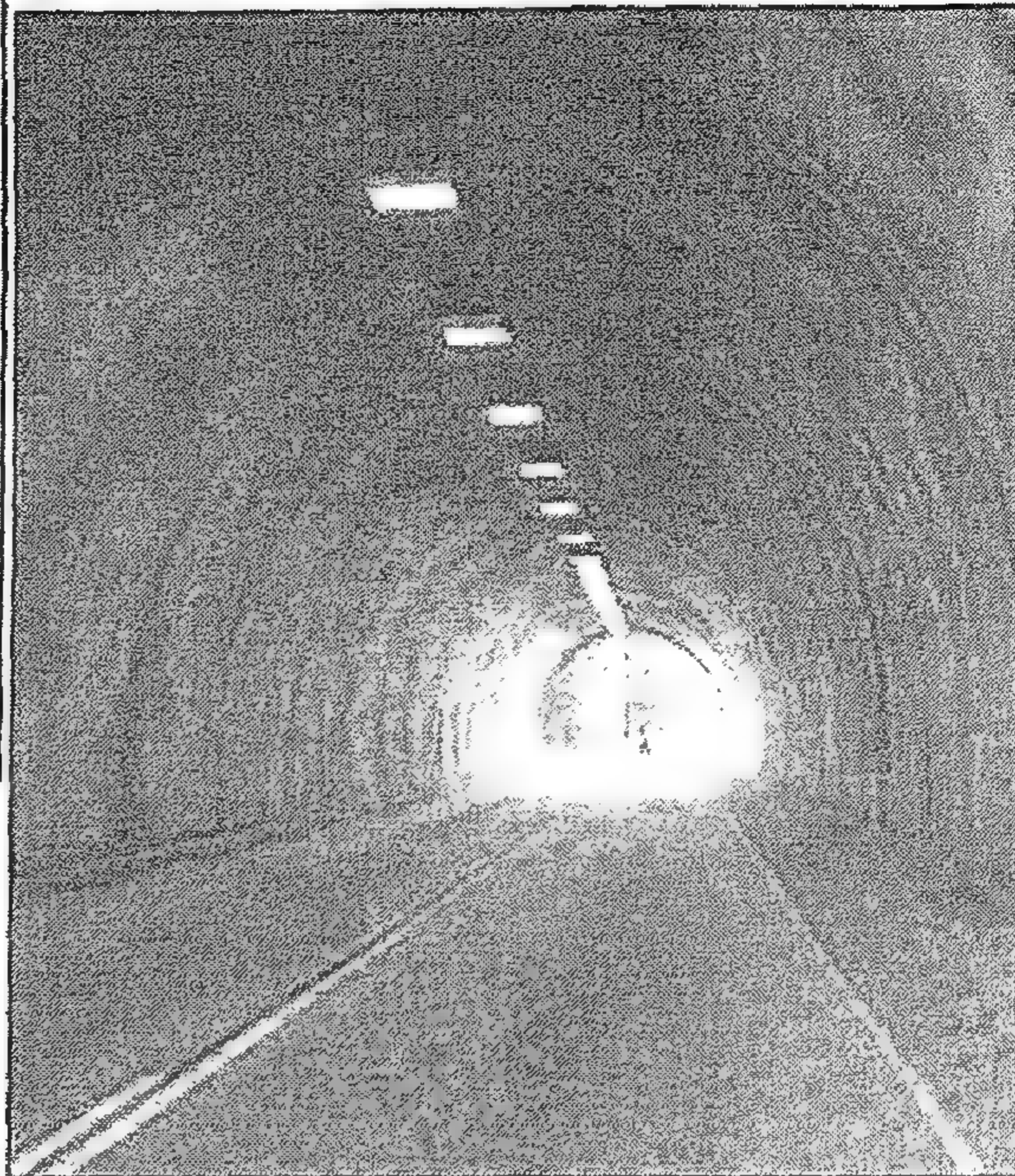
المراجع

- ١ - مشروع مترو أنفاق القاهرة .
- ٢ - كتالوجات الشركات المنفذة .

1

الإنشاءات المتميزة

حقوقاً واثباتاً



الباب الرابع

الأنفاق بالدفع الهيدروليكي

الأنفاق بالدفع الهيدروليكي

Hydraulic Jacking Tunnels

الاستخدامات المتنوعة للأنفاق :

- ١ - أنفاق موصلات : خطوط القطارات - المترو - السيارات - المشاه .
 - ٢ - أنفاق خدمات : تمرير كوابل كهرباء أو تليفون .
 - ٣ - أنفاق تستخدم كقوارير للمواسير - سواء كانت مواسير مياه أو صرف صحي أو غاز أو بترول . و نضطر للجوء لاستخدام الأنفاق لوجود صعوبات و عوائق تعترض مسار هذه المرافق مثل الأنهار أو المجاري المائية - المرتفعات أو الجبال - الشوارع ذات الكثافة المرورية العالية في المدن المزدحمة - السكك الحديدية . كما يتحكم العامل الاقتصادي بشكل كبير في هذا الاختيار .
- يضاف الي ذلك أنه في حالة وصول مناسيب مجمعات الصرف الي أعماق كبيرة - تزيد عن ٨ متر - فإنه يفضل اللجوء الي تنفيذ الأنفاق .

أنواع الأنفاق طبقا للغرض منها :

أنفاق الصرف الصحي :

عند التفكير في إنشاء مشروع خط مواسير للصرف الصحي - يتم عمل جسات عرضية استكشافية علي مسار الخط مع رفع المرافق الموجودة مساحيا ورسم القطاعات العرضية للطريق .

و بفرض أن عرض الحفر في خط الصرف الصحي = ٤ أمتار - نجد أنه لا بد من تحويل مسارات بعض المرافق و التي ستتكلف الكثير فضلا عن خروجها من الخدمة بعض الوقت .

بجانب ذلك فهناك تعطيل المرور بالشارع بالإضافة الي إعادة الصرف مرة أخرى بعد انتهاء العمل .

كما يراعي حالة المباني المجاورة للخط - فهناك المباني القديمة ذات الأساسات السطحية و التي يخشى عليها من الهبوط أو الأنهيار بسبب عمق الحفر أو نزح المياه الجوفية .

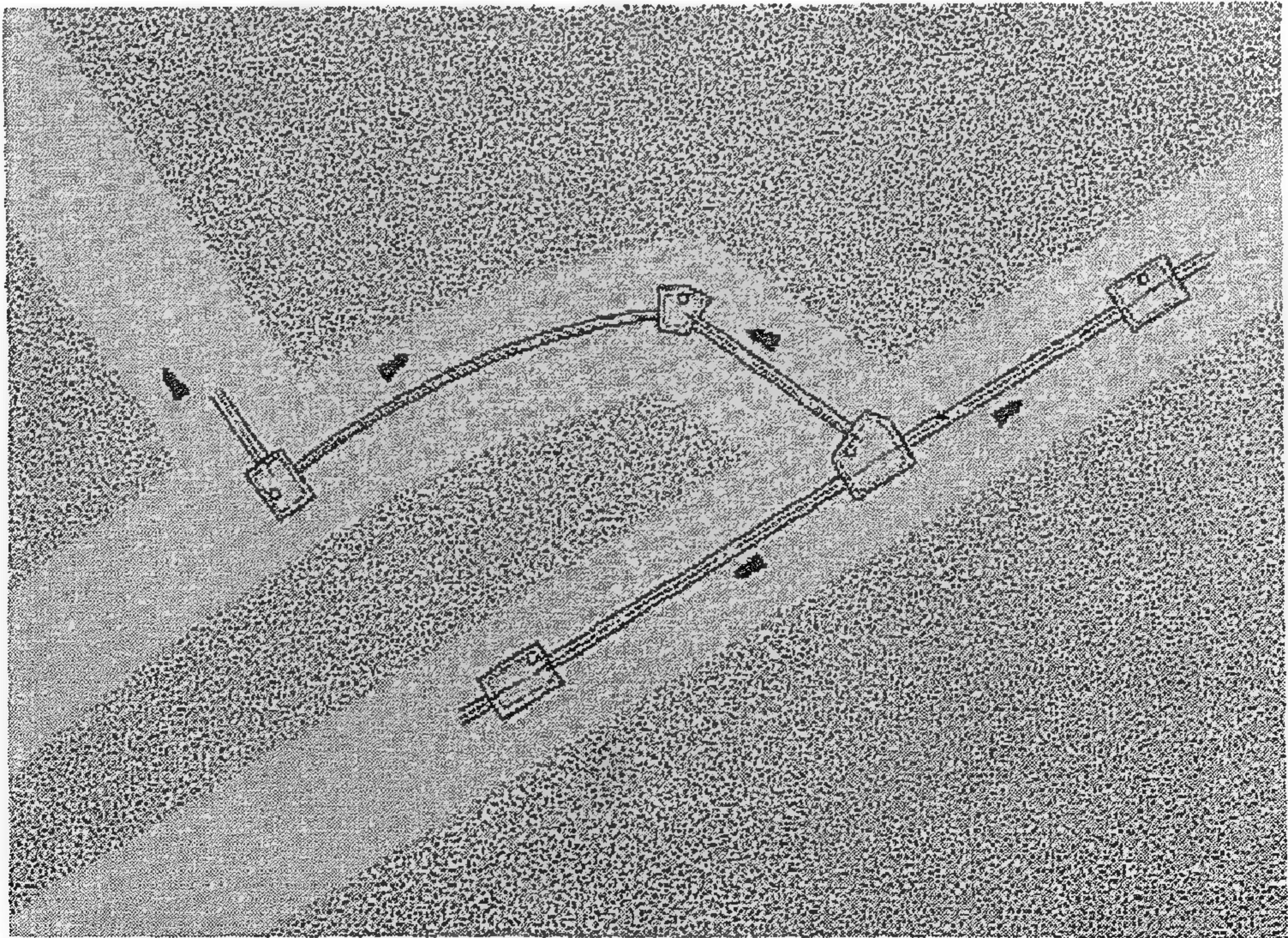
و بحساب كل هذه العوامل وتقدير التكاليف - يمكن اتخاذ القرار المناسب .

تخطيط النفق :

تتشأ غرف الدفع والأستقبال علي مسار النفق و ذلك في الحالات التالية - شكل (١) :

- ١ - عند أول الخط (بداية الدفع) .
- ٢ - وعند أي زاوية أنحراف للخط .
- ٣ - كل مسافة ٣٥٠ - ٤٠٠ متر أو حسب طاقة ماكينة الدفع .
- ٤ - عند تغير قطر النفق .

ويمكن أن نكون تستوعب غرف الدفع أو الأستقبال أكثر من نفق ، و كلما قل عدد الغرف كلما كان ذلك أقتصادا في التكاليف

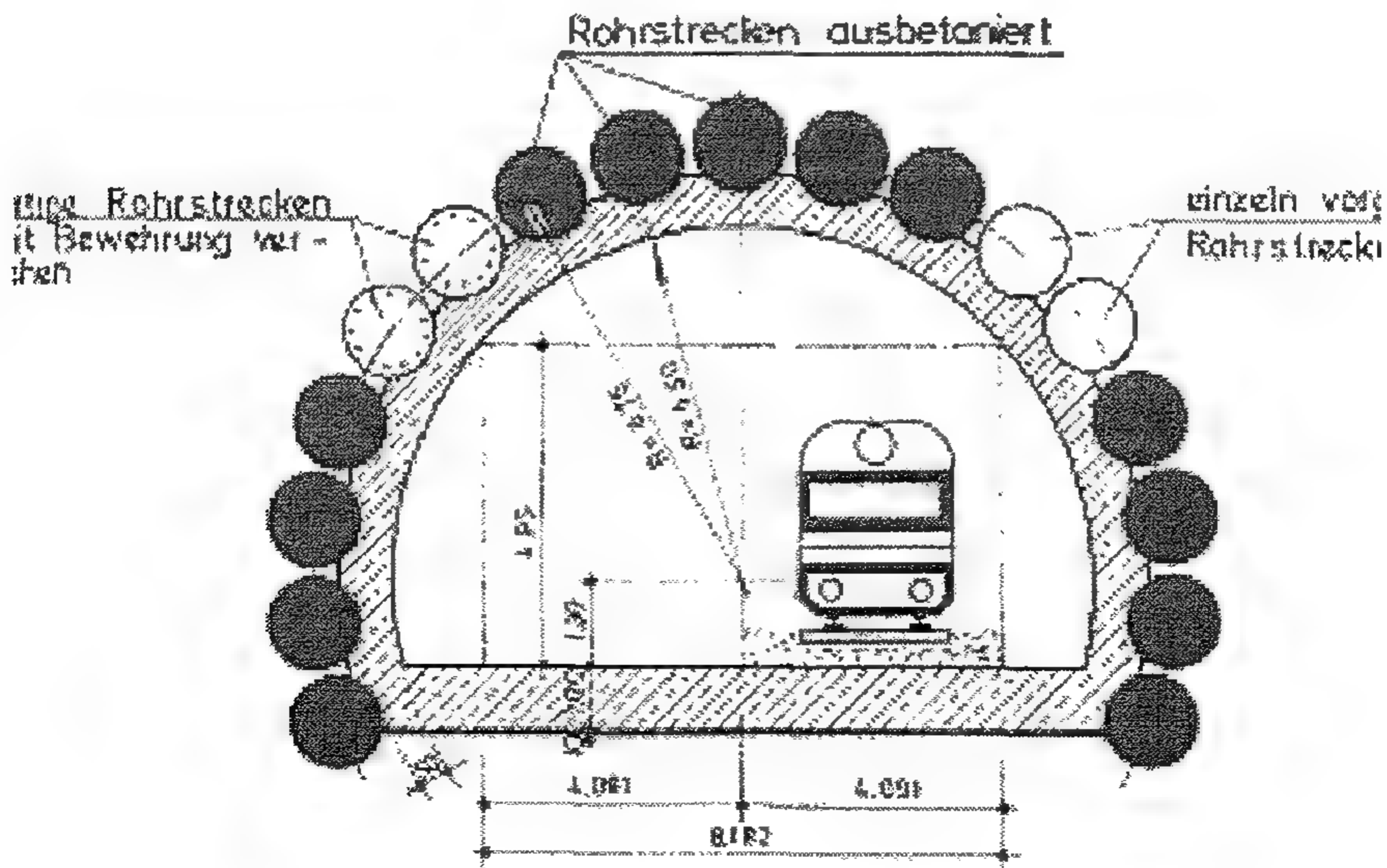
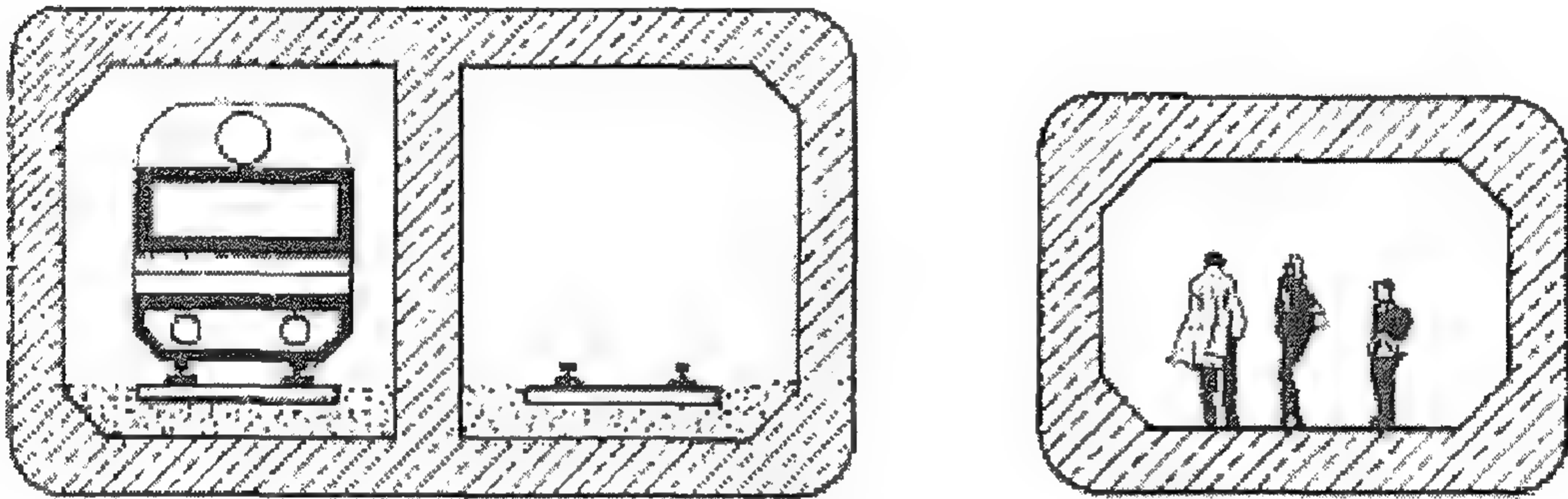


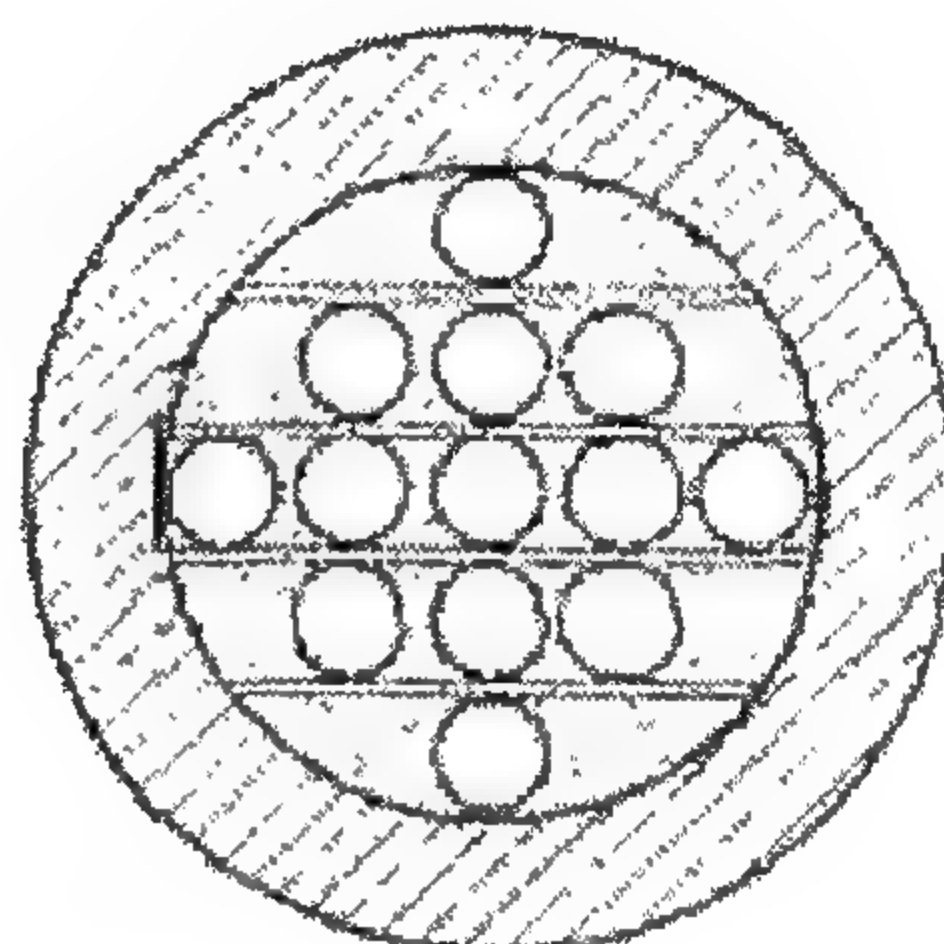
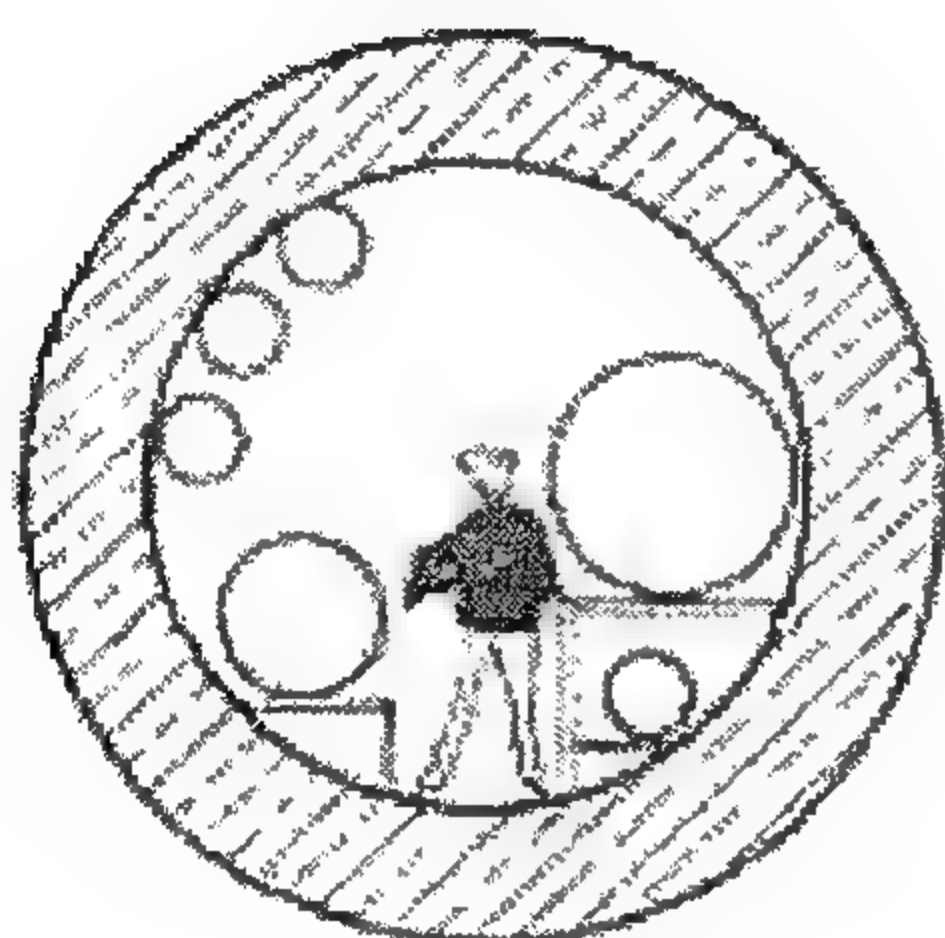
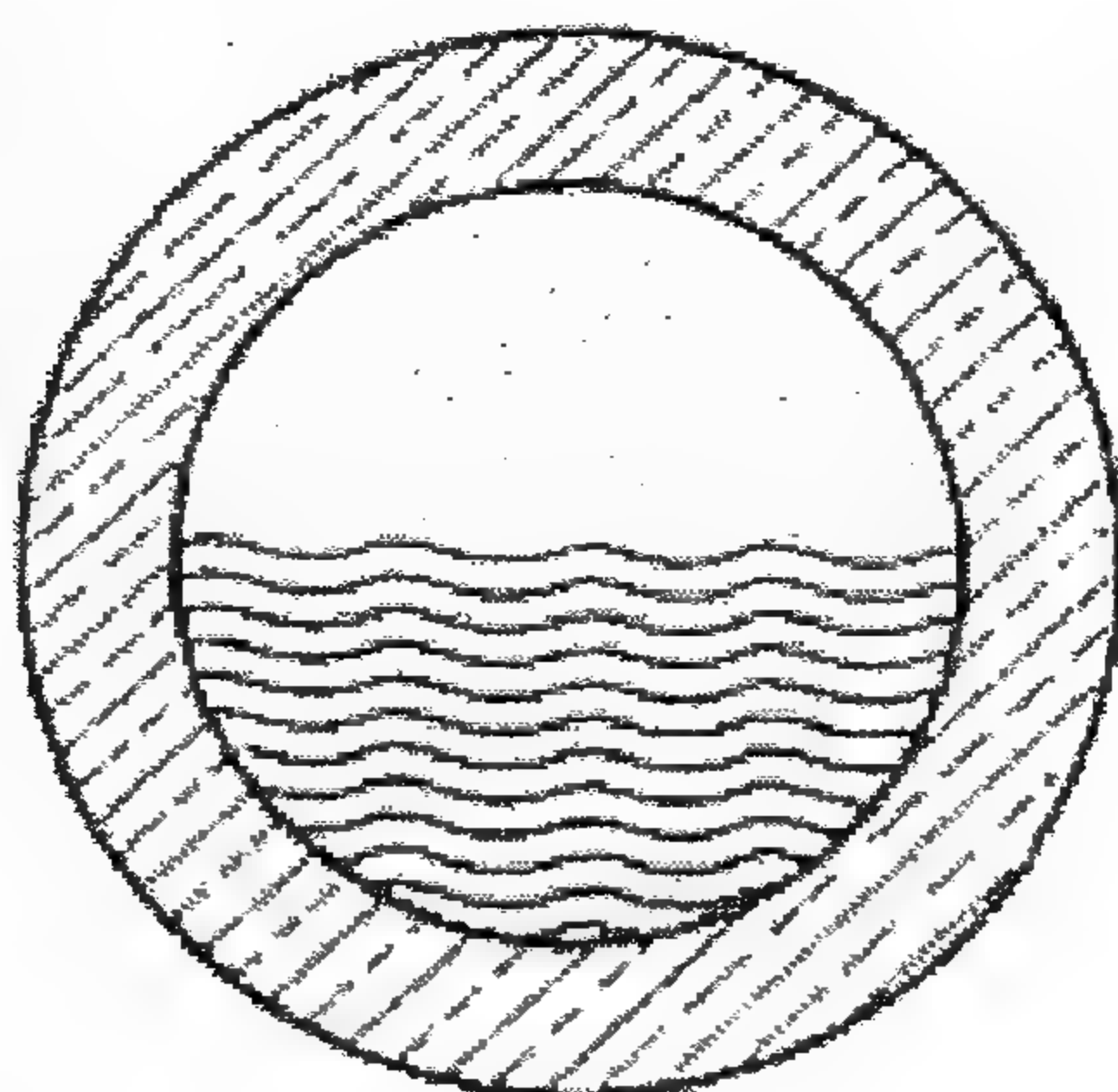
شكل (١) تخطيط النفق

أغراض تنفيذ الأنفاق :

تأخذ الأنفاق الأشكال والأحجام والأعماق طبقاً للغرض والاستخدام الذي من أجله أنشأ النفق ، فهناك أنفاق المواصلات و أنفاق المشاة وأنفاق الصرف الصحي والفواريج فهناك الشكل الدائري والشكل البيضاوي والمستطيل تبعاً لاستخدام النفق - شكل (٢) .

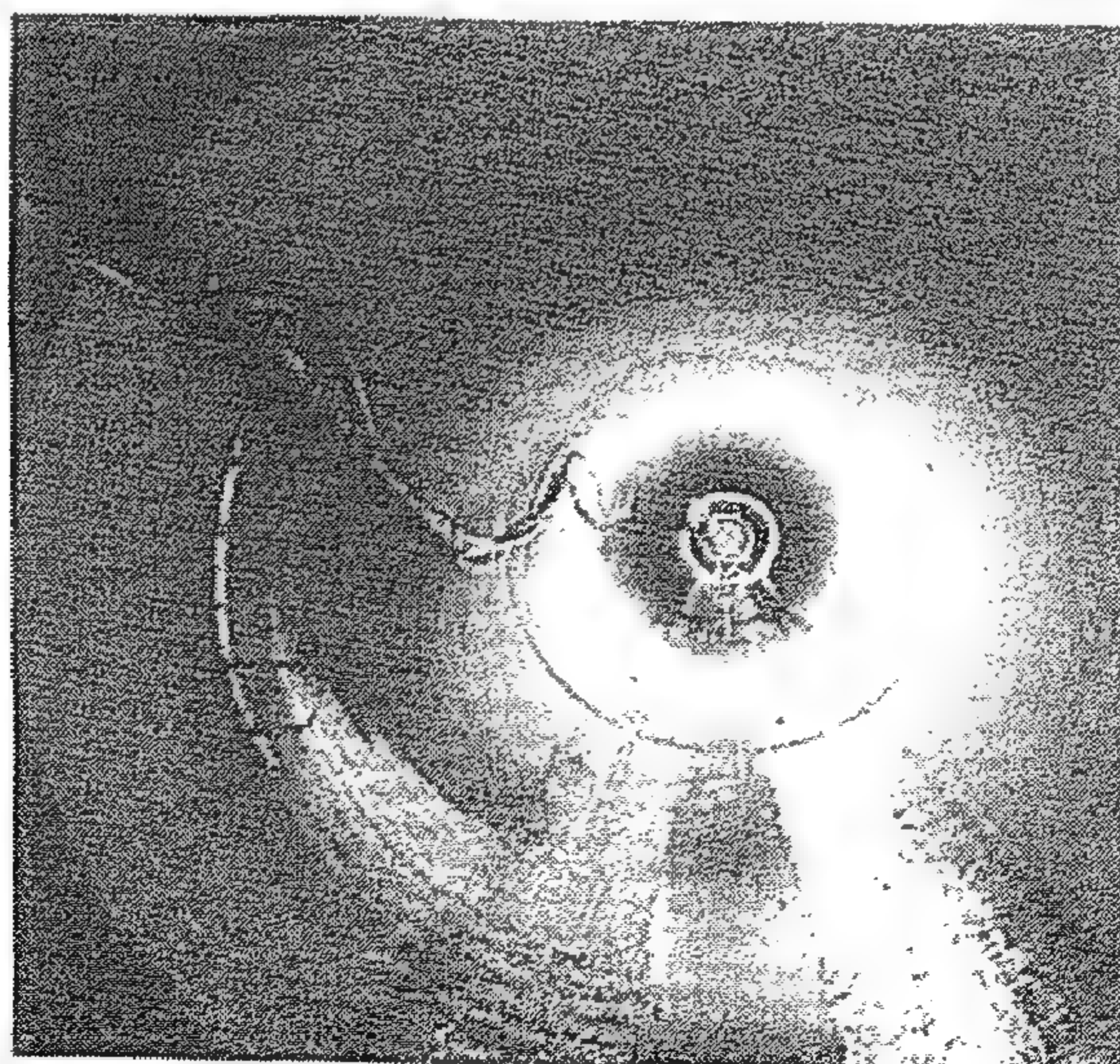
والنفق - لغرض الصرف الصحي - يكون علي أجزاء مستقيمة بين الغرف بينما يكون منحنيًا لأغراض أخرى كالفواريج الخاصة بتمرير المواسير أو الكابلات





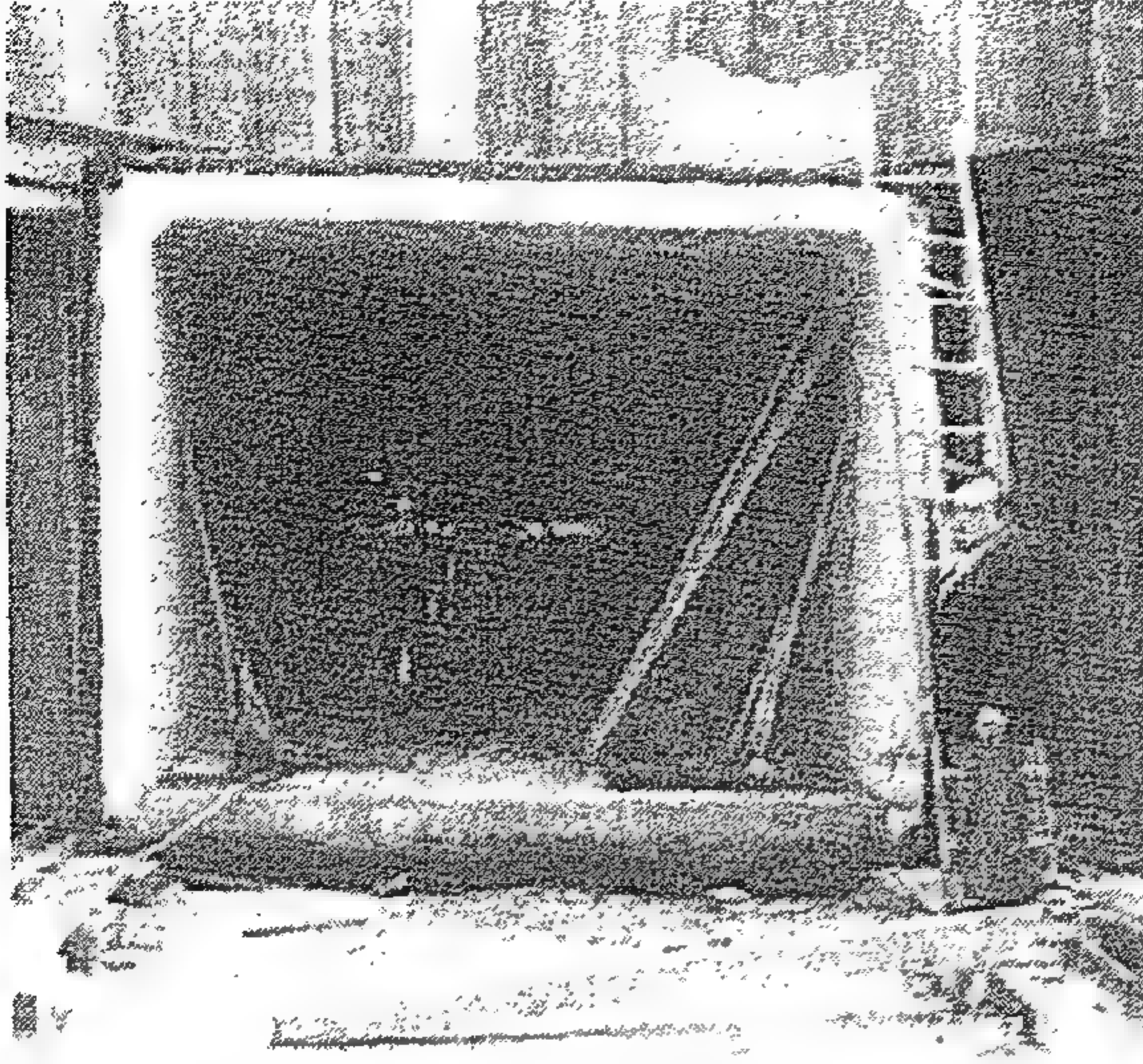
PROTECTIVE PIPE PASSABLE

PROTECTIVE PIPE FILLED IN

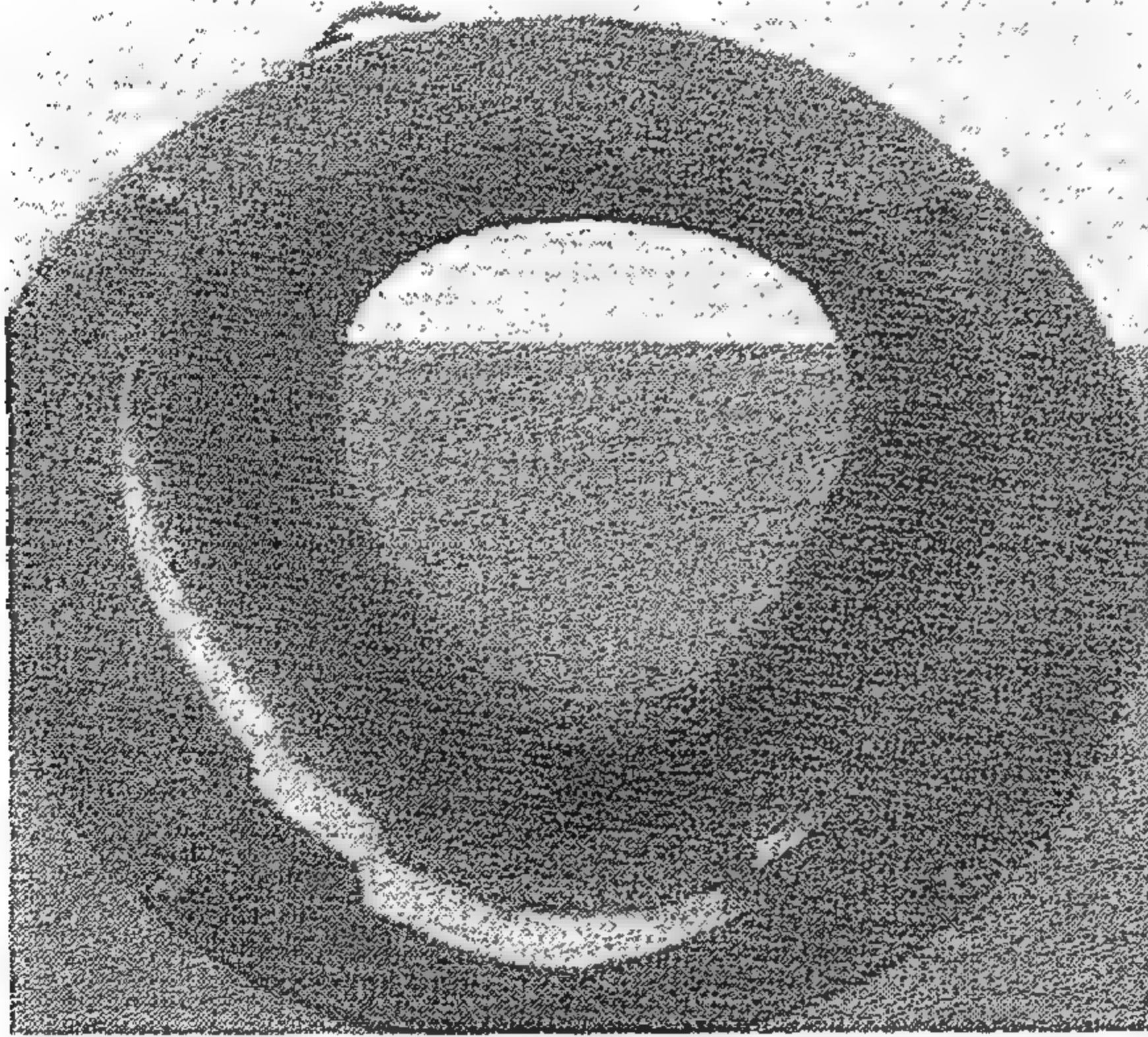


قطاع مستدير

الباب الرابع : الأنفاق بالدفع الهيدروليكي



قطاع مربع



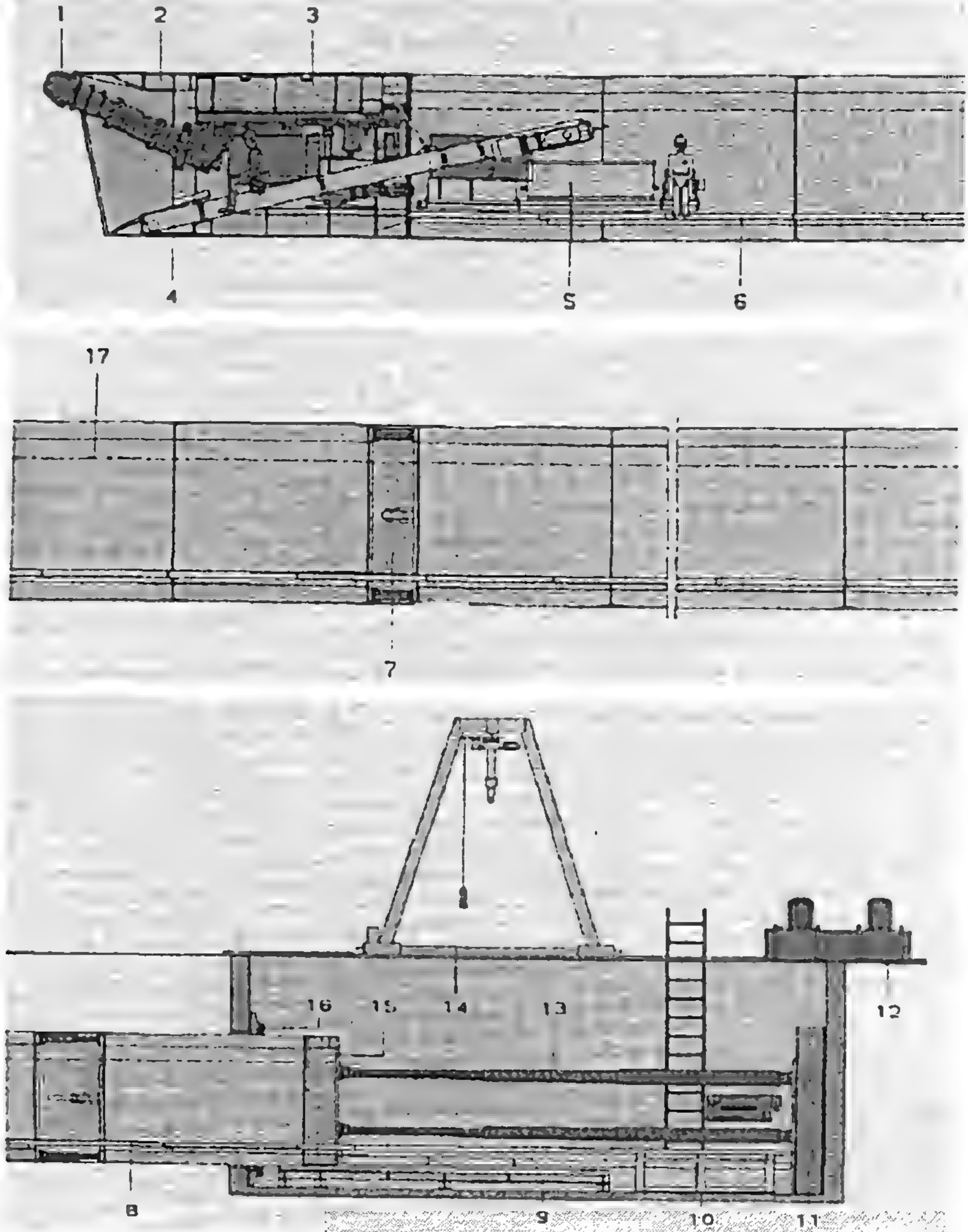
قطاع بيضاوي

شكل (٢) أنواع الأنفاق طبقا للغرض منها

أنفاق الدفع الهيدروليكي: Hydraulic Jacking Tunnels:

رسم تخطيطي لعملية التنفيذ بالأنفاق - شكل (٣) .

الإنشاءات المتميزة إنشاء الإنفاق



شكل (٣) مخطط يبين أجزاء معدة أنفاق الدفع الهيدروليكي - يظهر في الرسم مقدمة الماكينة ثم الجزء الأوسط ثم الأجزاء في غرفة الدفع

إيضاحات في شكل (٣) :

- | | | |
|------------------------|--|--------------------------------|
| ١ - الحفارة . | ٧ - روافع الدفع الوسطي . | ١٢ - ماكينة ضغط الزيت . |
| ٢ - مقدمة الدرع . | ٨ - قضبان معدنية . | ١٣ - الروافع الرئيسية . |
| ٣ - جسم الدرع . | ٩ - قضبان لحركة الماسورة . | ١٤ - رافع (كوريك) . |
| ٤ - سير ناقل للأتربة . | ١٠ - قضبان معدنية لغرفة الدفع الرئيسية . | ١٥ - حلقة الديافرام المعدني . |
| ٥ - عربة نقل الأتربة . | ١١ - حائط الارتكاز المسلح . | ١٦ - حلقة كاوتش مانعة للمياه . |
| ٦ - قضبان معدنية . | | ١٧ - شعاع الليزر . |

عناصر الأنفاق بالدفع الهيدروليكي عبارة عن :

١ - غرفة الدفع : Jacking Chamber

وهي غرفة تنفذ بمقاسات محددة تستوعب الروافع الهيدروليكية بالإضافة الي المعدات الملحقة بها بالإضافة الي الماسورة الخرسانية - تكون الأرضيه بعمق أسفل باطن الماسورة بمسافه ٥٠ سم .

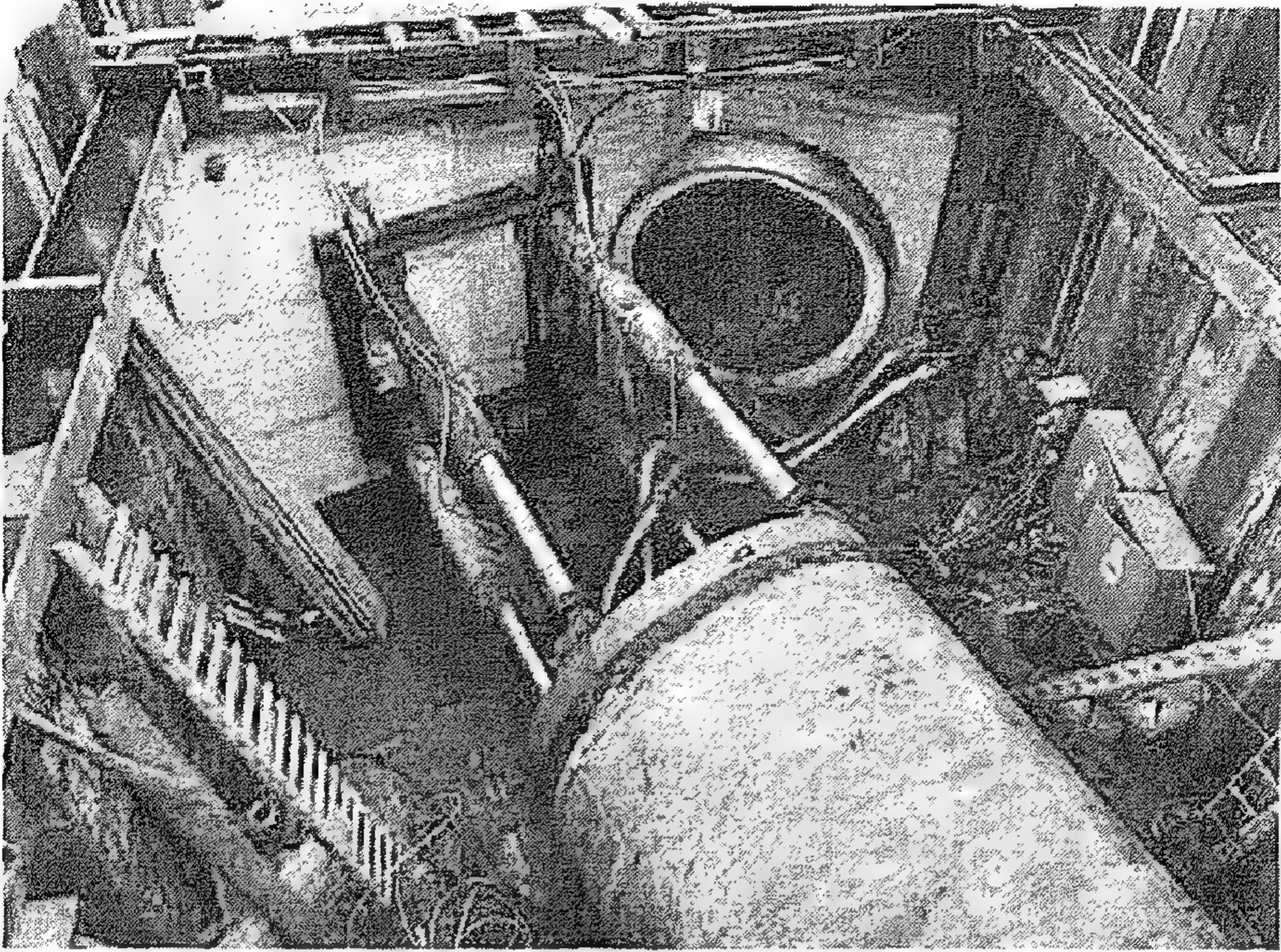
تنفذ الغرفة بعدة طرق :

- ١ - يمكن أن تكون غرفة مؤقتة من الستائر المعدنية - شكل (٤) .
 - ٢ - الخوازيق المتلاصقة secant piles .
 - ٣ - بيارة من الخرسانة المسلحة (في حالة أستغلال الغرفة كمطبق للصرف الصحي) . تنفذ غرفة الدفع بالهواء المضغوط - شكل (٥) ، أو بالحفر المكشوف .
- كما يشترط لهذه الغرفة أن تكون عازلة لمياه الرشح . يضاف الي ذلك إنشاء حائط أرتكاز خرساني خلف الروافع Reaction Wall مصمم لنقل رد فعل الروافع الي الأرض (تصل قدرة الروافع مجتمعة في بعض الأحيان الي ١٨٠٠ طن) .
- تركب هذه الروافع داخل غرفة الدفع و ترتكز علي حائط الأرتكاز - عددها ٦ روافع أو أكثر - تدفع هذه الروافع المواسير عن طريق أطار معدني دائري Diaphragm (بنفس قطر الماسورة) . تتكمش الروافع بالكامل ثم يتم أنزال الماسورة - تبدأ الروافع في الأنفراج و تدفع الماسورة الي الأمام حتي كامل انفراجها لتدخل الماسوره بالكامل ثم تتكمش مره أخرى ثم يتم أنزال الماسورة التالية و تنفرج الروافع لتدفع المواسير و هكذا .



شكل (٤) عملية الدفع الهيدروليكي - غرفة الدفع مؤقتة من الستائر المعدنية مع بناء حائط خرساني لأرتكاز الروافع

توجد فتحة في حائط غرفة الدفع لدخول المواسير أثناء عملية الدفع - هذه الفتحة مزودة بطوق مطاطي، محكم مثبت على حائط البئارة ومحكم على محيط الماسورة الخارجي لمنع رشح المياه من الخارج الي داخل الغرفة . يفضل عمل بئر أرتوازي مجاور للفتحة أو حقن منطقة خروج أول ماسورة لمنع هذا الرشح .

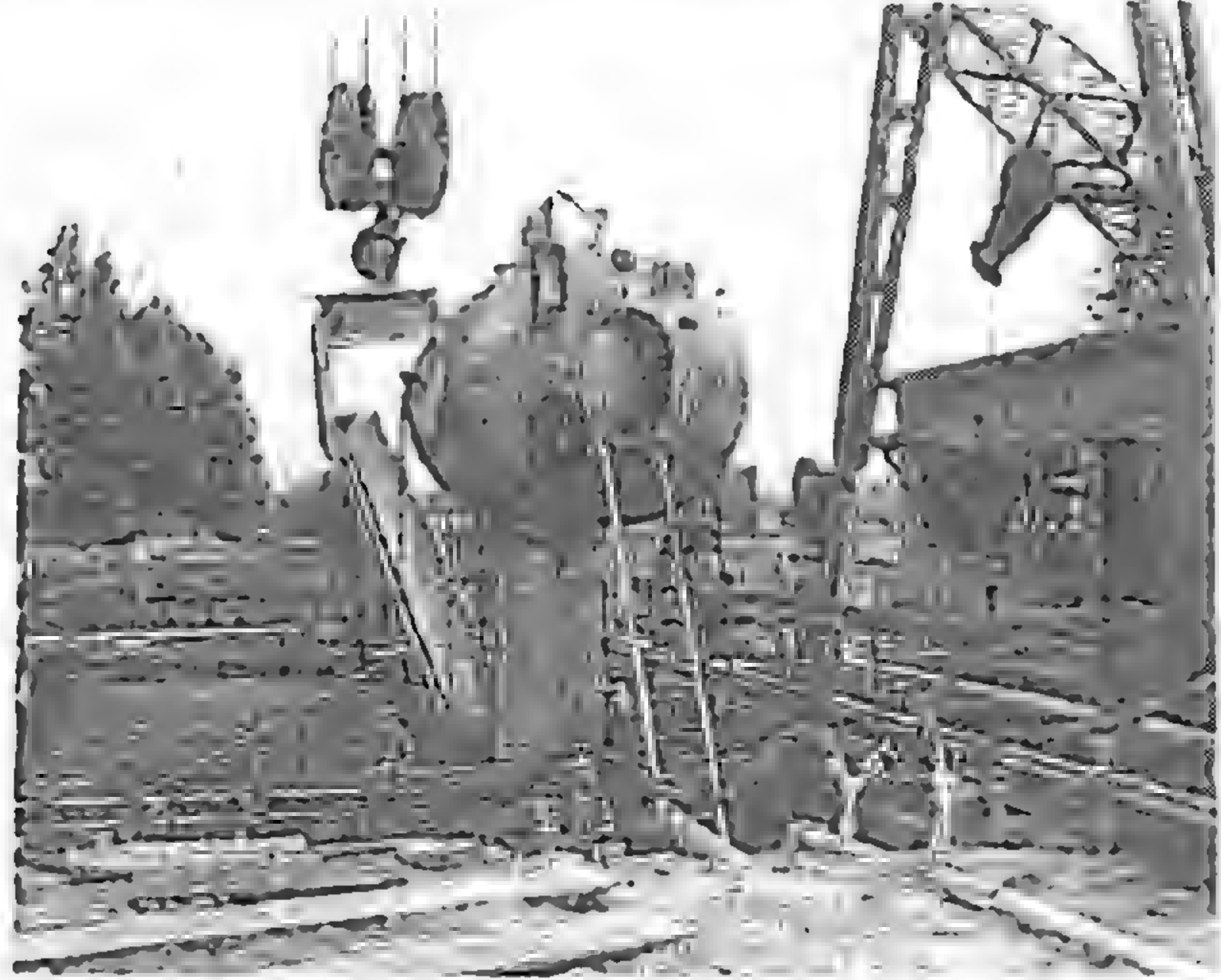


تابع شكل (٤) غرفة الدفع تستوعب أكثر من نفق واحد ويمكن أن تكون غرفة دفع لنفق ما ثم غرفة استقبال لنفق آخر

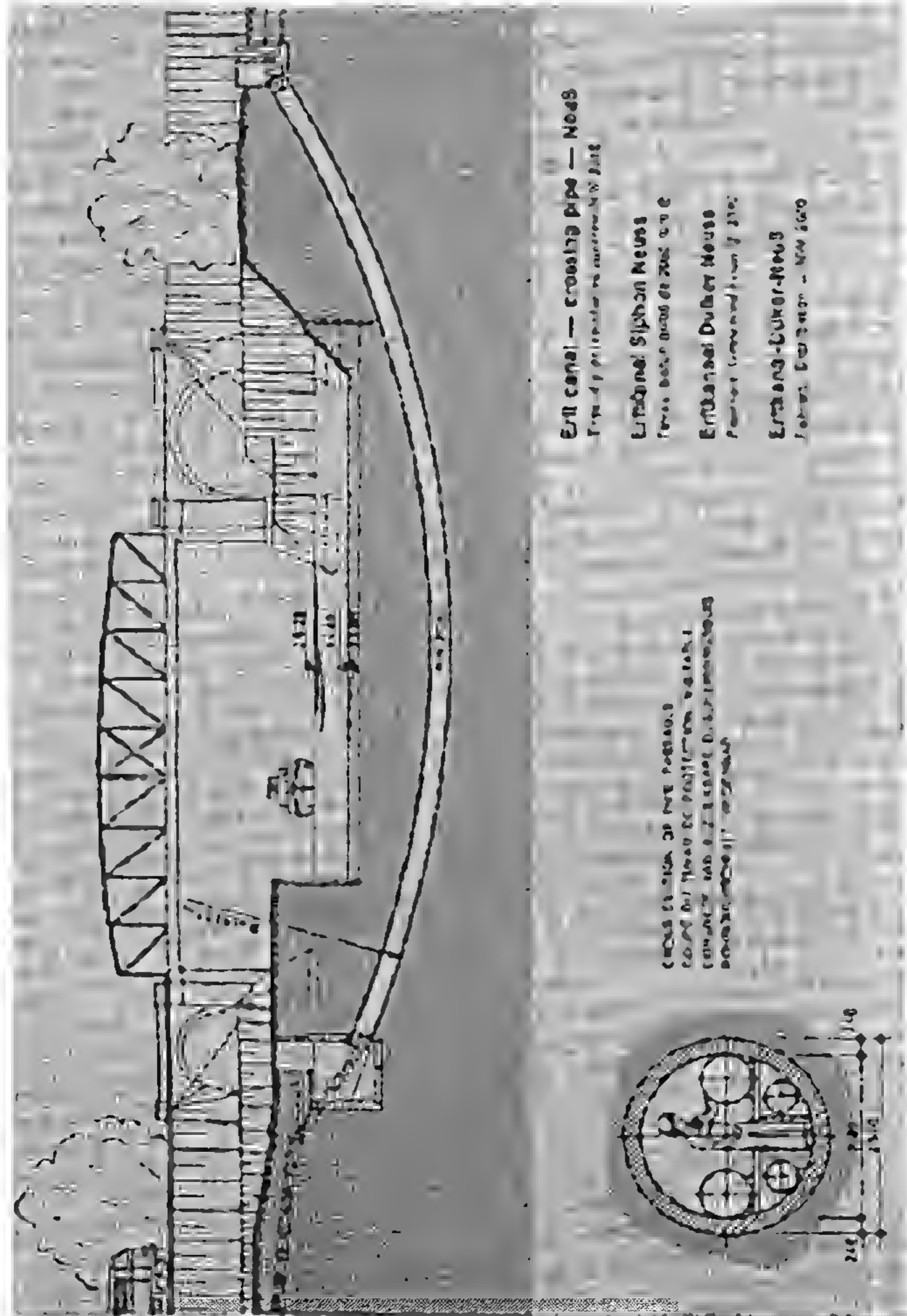
٢ - غرفة النهاية (الاستقبال) : Recovery Pit

عند نهاية دفع المواسير - يتم عمل غرفة استقبال بمقاسات مناسبة لأخراج ماكينة الدفع منها . يمكن أن تكون هذه الغرفة من الستائر المعدنية أو أي نظام مؤقت لصلب جوانب الحفر حتي تخرج معدات الدفع . و في أحوال كثيره تكون غرفة الاستقبال من الخرسانة المسلحة إذا ما كانت هناك فائدة لذلك - علي أنها في هذه الحالة تنشأ قبل عملية دفع المواسير - حيث يتم توجيه ماكينة الدفع من غرفه الدفع في اتجاه غرفة النهاية .

و مكان دخول ماكينة الدفع داخل غرفه النهاية - خلال حائط الغرفة الخرساني - يكون بقطر يزيد ١٠ سم عن قطر درع ماكينه الدفع . و يترك مكان الدخول خاليا بدون صب أثناء تنفيذ الغرفة - و يبني مكان الدخول بالطوب لمنع دخول الأتربة أو مياه الرش و لتسهيل اختراق ماكينة الدفع له . شكل (٦) يوضح مواقع غرف البداية والنهاية .



شكل (٥) غرفة الدفع ، ويرى معدات بالهواء المضغوط أثناء التنفيذ



شكل (٦) قطاع طولي بالتفك موضحا غرفتي الدفع والاستقبال

٣ - المواسير :

تصمم المواسير الخرسانية لتتحمل قوة الدفع الكبيرة من الروافع الهيدروليكية و التي قد تصل الي ١٨٠٠ طن - بالإضافة الي حمل التربة الرأسية و المرور و الاحتكاك مع التربة .

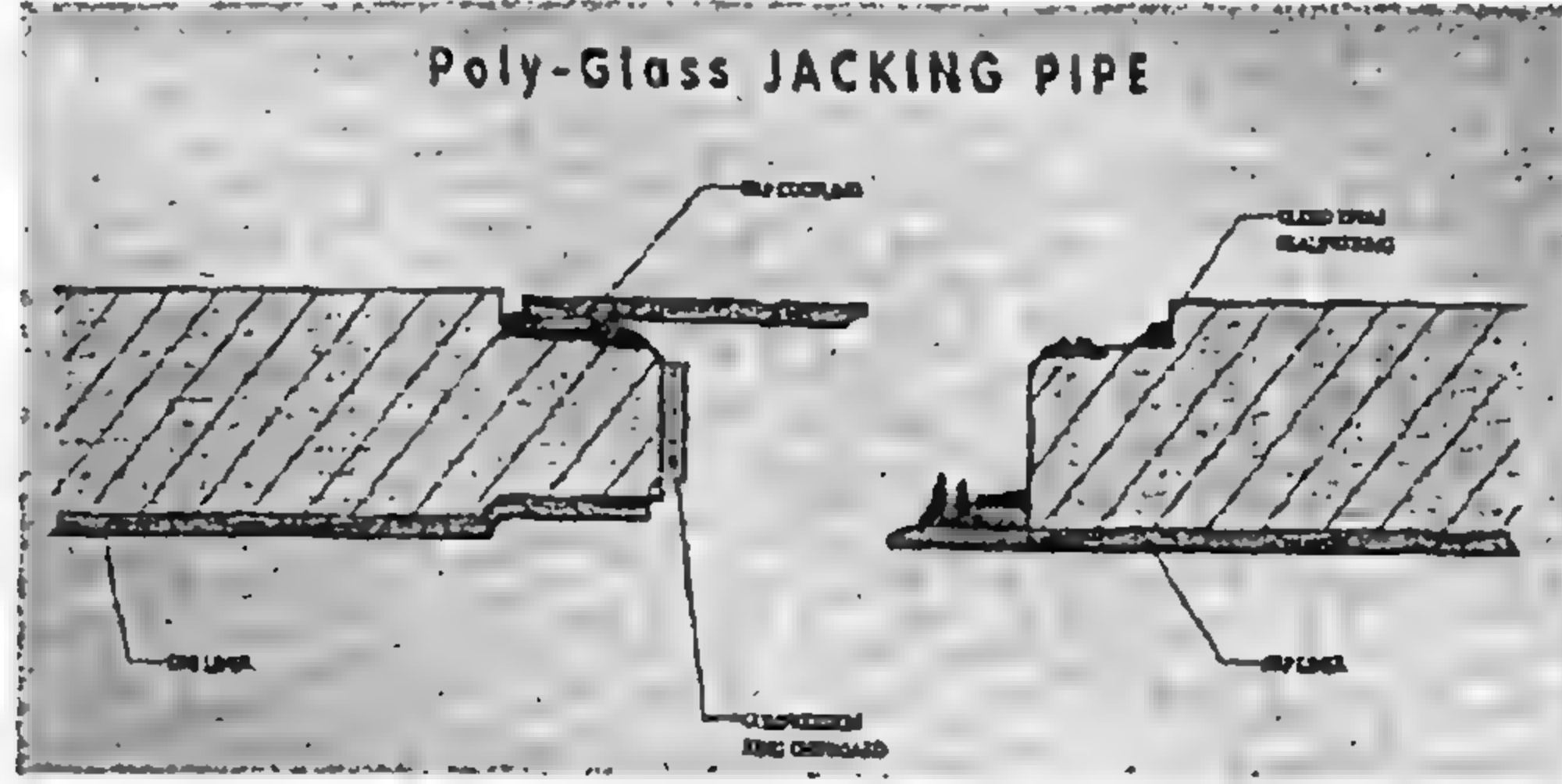
وتكون هذه المواسير من رأس و ذيل - وصلات مرنة و تصنع من خرسانة فائقة القوة و من أسمنت مقاوم للكبريتات . كما يتم تبطينها من الداخل بألواح البولي فينيل كلورايد P.V.C T-Lock سمك ١,٦٥ مم أو السيراميك أو دهانات الأيبوكسي .

تعمل ثقوب بالمواسير بقطر ٢"- أثناء صنعها- لغرض حقن مادة البنتونايت (من الداخل بعد انتهاء التركيب) و الذي يغلف المواسير من الخارج لملء الفراغات بالإضافة الي تقليل احتكاك الأرض مع بدن المواسير حيث يعمل البنتونايت كمادة شحمية .

و يمكن تصنيع المواسير بأقطار كبيرة ، و لكن الحجم و الوزن و معدات الرفع تحكم هذا الاختيار . و أقصى قطر داخلي لماسورة تم تصنيعها في مصر هو ٣٢٠٠ مم ووزن حوالي ٤٠ طن .

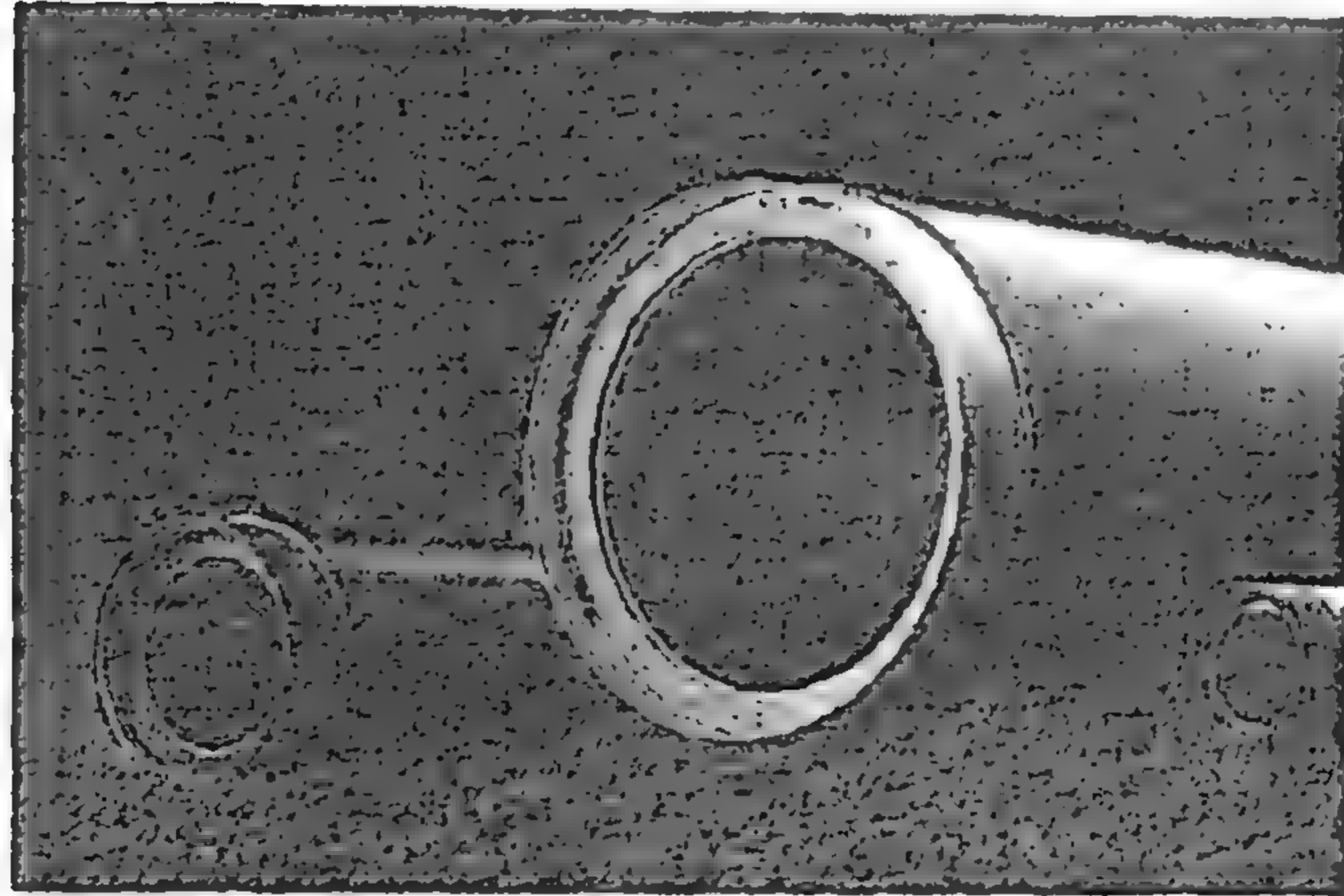
يمكن استخدام نوعيات أخرى من المواسير والتي صممت لمقاومة ضغوط الدفع مثل المواسير الفخار والزهر المرن والصلب والأسبستوس - شكل (٧) .
تجدر الملاحظة أن يتم تصميم المواسير علي أساس أن سرعة المياه داخل المواسير هي السرعة المنظفة ذاتيا Self Cleaning والتي تساوي ٦٥ سم / ث.

وصلات المواسير البوليستر :



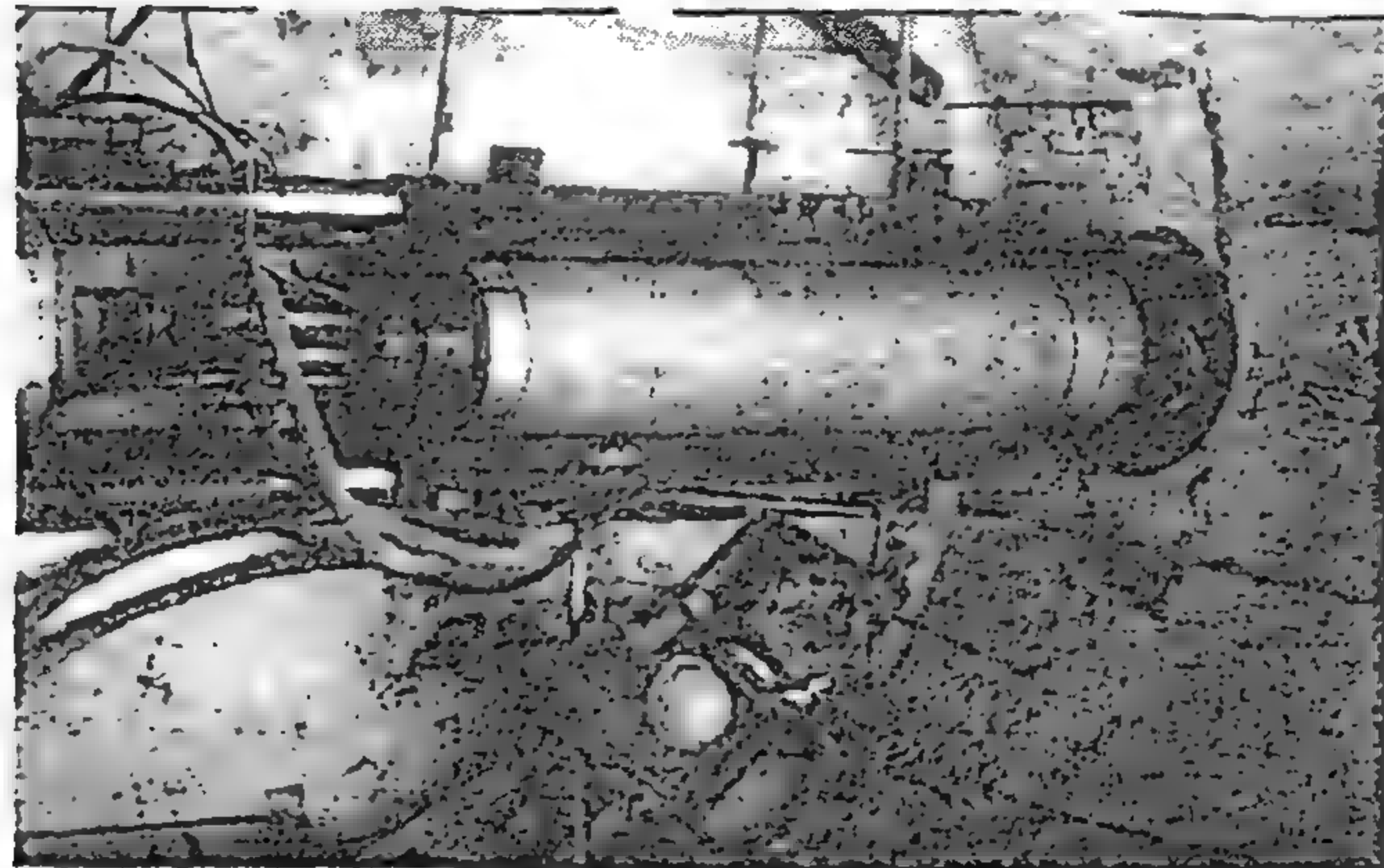
مواسير الدفع من البولي جلاس

وصلات المواسير الفخار :



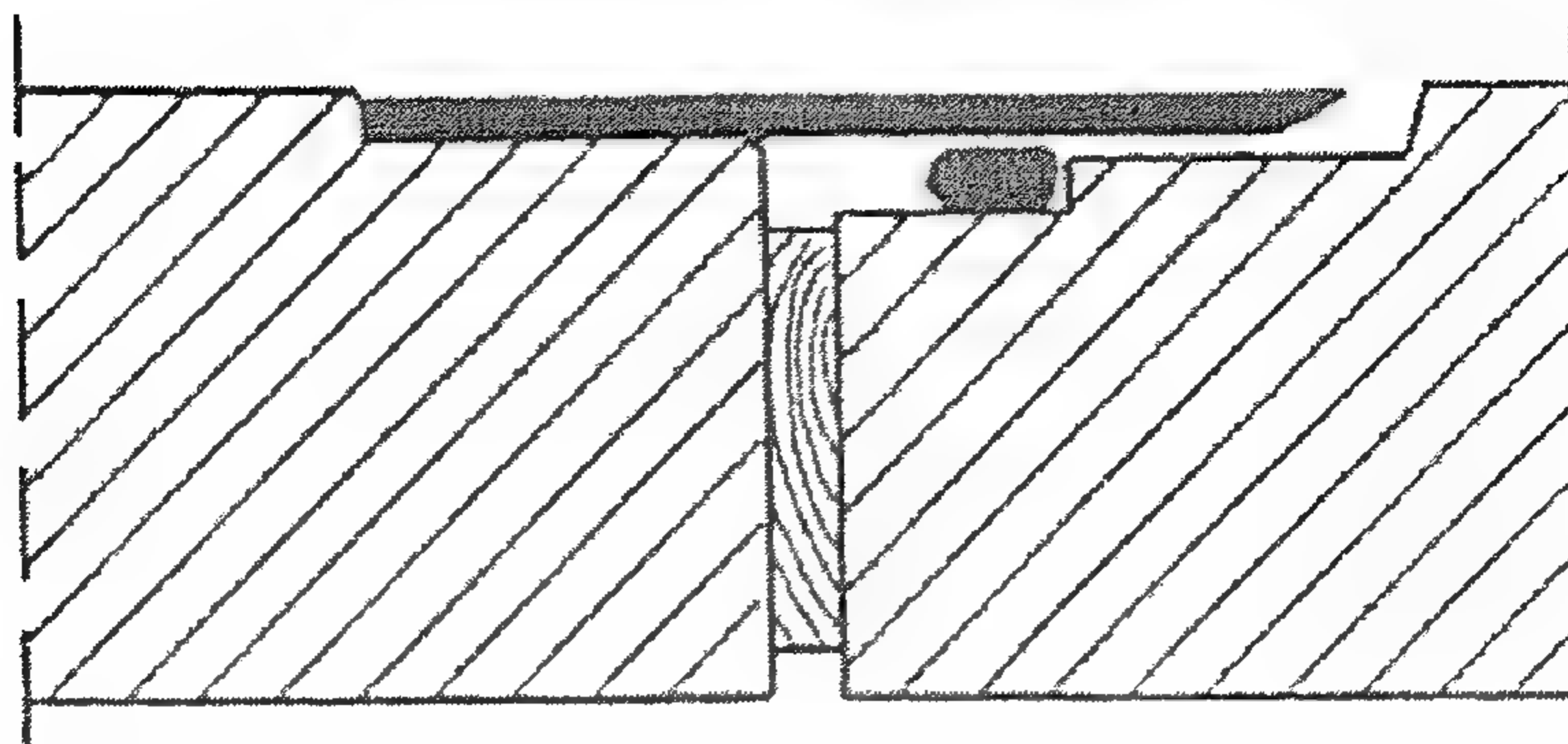
مواسير فخار مصنعة للدفع الهيدروليكي

VITRIFIED CLAY JACKING PIPES

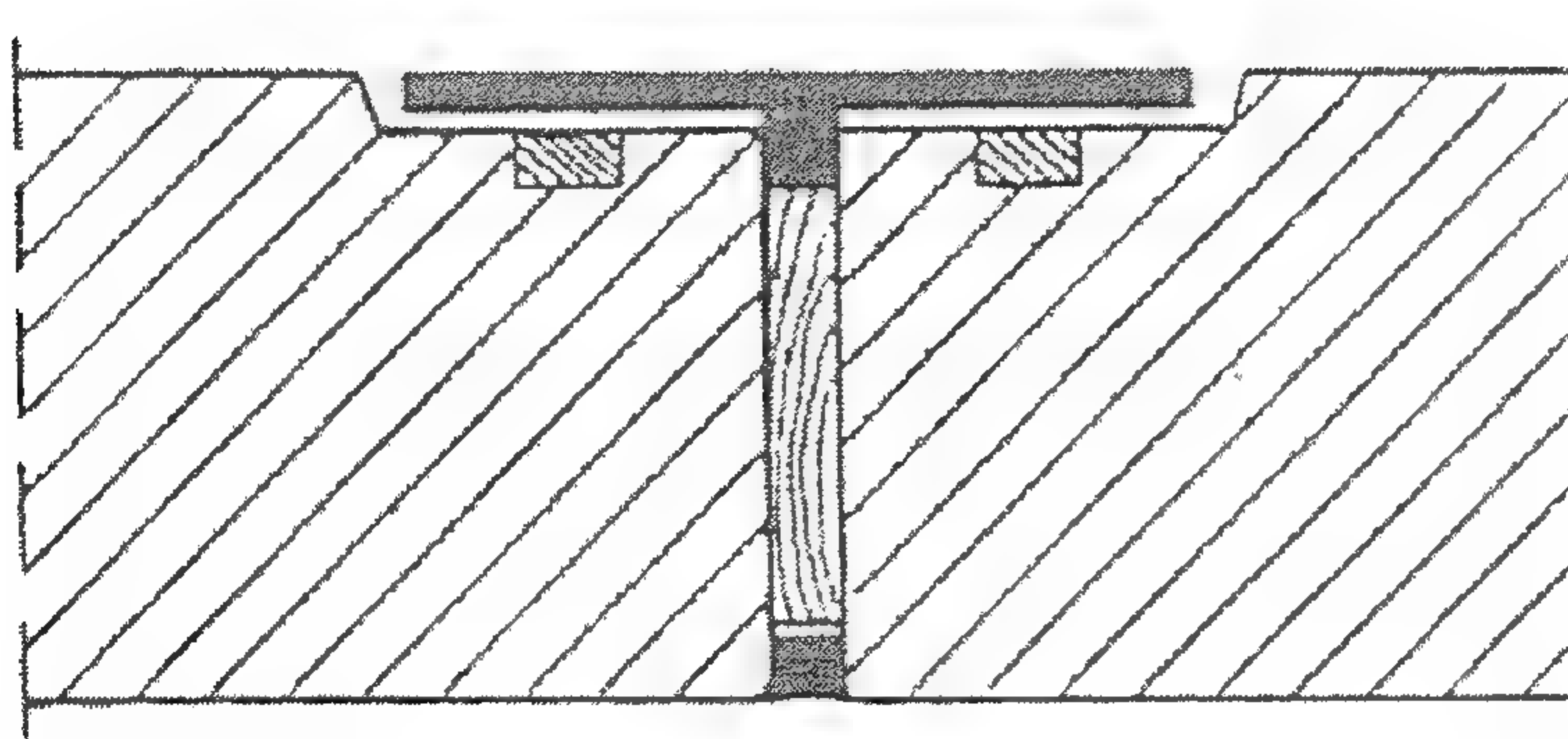


الماسورة الفخار أثناء الدفع

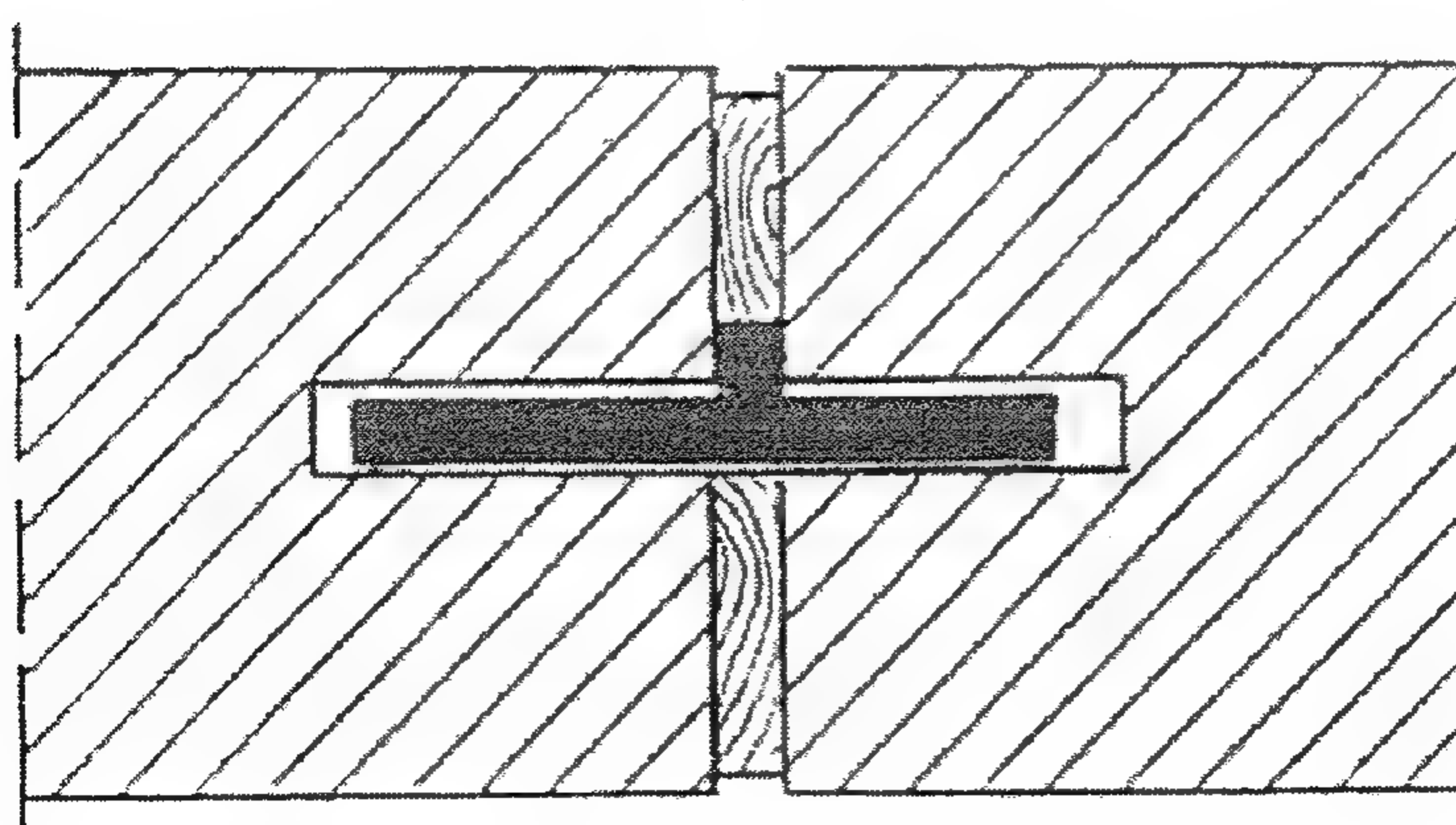
وصلات المواسير الخرسانة :



الحلقة المعدنية ثابتة في أحدي الماسورتين Steel collar integral with one pipe
(أكثر النظم في مصر)



حلقة معدنية حرة loose steel collar



شكل (٧) حلقة مشتركة بين الماسورتين Dowelled joint

٤ - الدرع الأمامي و روافع الدوران و الحفار:

Front Shield & Steering Jacks And Excavator

يصنع الدرع الأمامي (وهو عبارة عن ماسورة) ، من الصلب ويكون سمك البدن حوالي ٢ بوصة ويكون مدبب من الأمام لتسهيل اختراق الدرع للأرض . قطر الدرع الخارجي يزيد بمقدار ١٠ سم عن القطر الخارجي للمواسير - شكل (٨) .

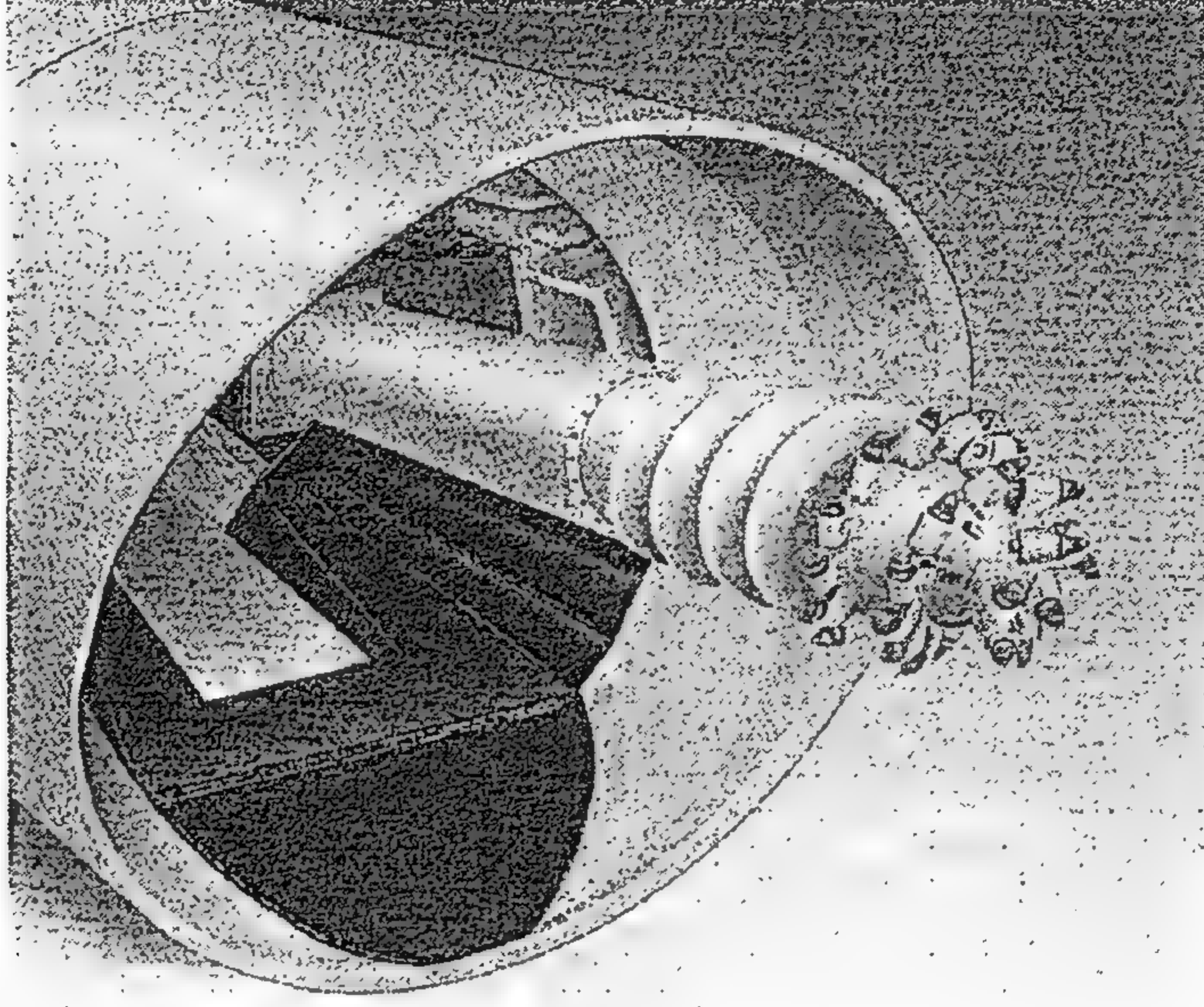
تركب روافع الدوران علي المحيط الداخلي للدرع من جهة و من الجهة الأخرى ترتكز هذه الروافع علي حلقة حديدية Diaphragm التي ترتكز بدورها علي بدن الماسورة.

وظيفة روافع الدوران هو تصحيح المسار للنفق - فإذا انحرف النفق عن المسار المحدد فيمكن تصحيح الوضع مره ثانيه سواء جهة اليمين أو اليسار أو الي أعلى أو الي أسفل عن طريق عامل التشغيل .

يقوم الحفار (المثبت في الدرع) بحفر الأتربة حيث تتجمع في قمع - شكل (٩) - تنزل الأتربة من القمع الي السير الناقل الي عربات نقل الأتربة Muck Wagon حيث تنقلها علي القضبان الي الخارج (الي غرفة الدفع) حيث يرفعها الونش و تفرغ في سيارات النقل . يتم إعادة العربات مرة أخرى و توضع علي القضبان حيث يتم سحبها الي الداخل بواسطه ونش أفقي . يمكن أن يكون الحفر يدويا في الأنفاق ذات الطول البسيط أو استخدام طلمبة الروبة Slurry Pump حيث يتم ضخ ناتج الحفر مع المياه في خط مواسير الي خارج النفق - يتم عمل حوض ترسيب خارج الموقع لفصل حبيبات التربة عن المياه .

ملاحظات :

- ١ - بالنسبة الي الأنفاق ذات القطر الصغير (٣٠٠ مم - ٥٠٠ مم) ، يتم استخدام حفاره تعمل بالتحكم الآلي Remote Control . يتم الحفر بالضغط علي واجهة التربة ومعادلة ضغط التربة بواسطة القرص الدائري المزود بأسنان قاطعة والذي يدور حول محور أفقي - شكل (٨) .



شكل (٨) الدرع الخارجي ثم مقدمة الحفارة - رأس ذات أسنان قاطعة

تقوم الروافع الرئيسية الموجودة بغرفة الدفع الرئيسية بدفع المواسير بينما تقوم الحفاره بالعمل. ناتج الحفر يتم خلطه مع خليط البنتونايت ثم تسحب الروبة بواسطة الطلمبات. يقوم مشغل الحفار بتوجيه وضبط مسار النفق بواسطة التحكم الآلي . تمتاز هذه الحفاره بالعمل تحت منسوب مياه الرشح بالإضافة الي القدرة علي العمل في التربة شديدة التماسك. وتوجد حفارات أخرى تعمل بالتحكم الآلي للأنفاق حتي قطر ٨٠٠ مم.



شكل (٩) السير الناقل لمواد الحفر - المقدمة ذات الأسنان القاطعة

تأخذ أعمال حفر الأنفاق أشكالاً متعددة منها :

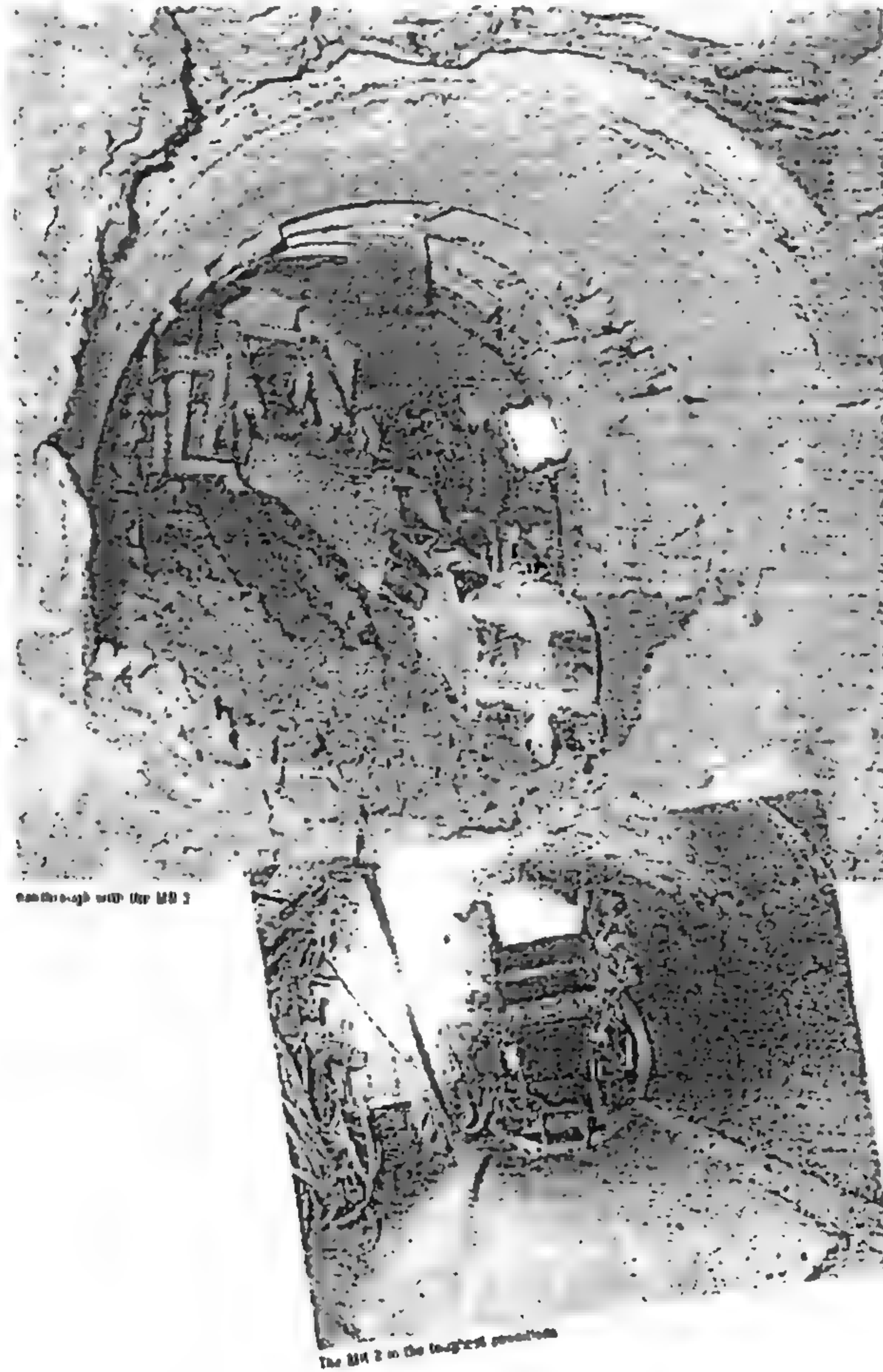
- ١ - الحفر اليدوي : ويتم ذلك بواسطة العمال والأدوات اليدوية البسيطة مثل الكوريك والأزمة ، وهذا أقل تكلفة وأقل ميكنة للنفق . نلجأ للعمل بهذه الطريقة في حالة وجود النفق في منطقة جافة وأن طول النفق قصير وذلك للأقتصاد في التكاليف بالإضافة الي أن طبيعة الأرض ليست صلبة .
- ٢ - الحفر بواسطة الرأس المسننة : والتي تحفر في جميع الأراضي - شكل (٨) .
- ٣ - الحفر بواسطة الحفار - شكل (٩) .
- ٤ - الحفر بطريقة المروحة الدائرية : وتستخدم في حالة العمل أسفل منسوب مياه الرشح .



تابع شكل (٨) قيام الحفارة بالعمل



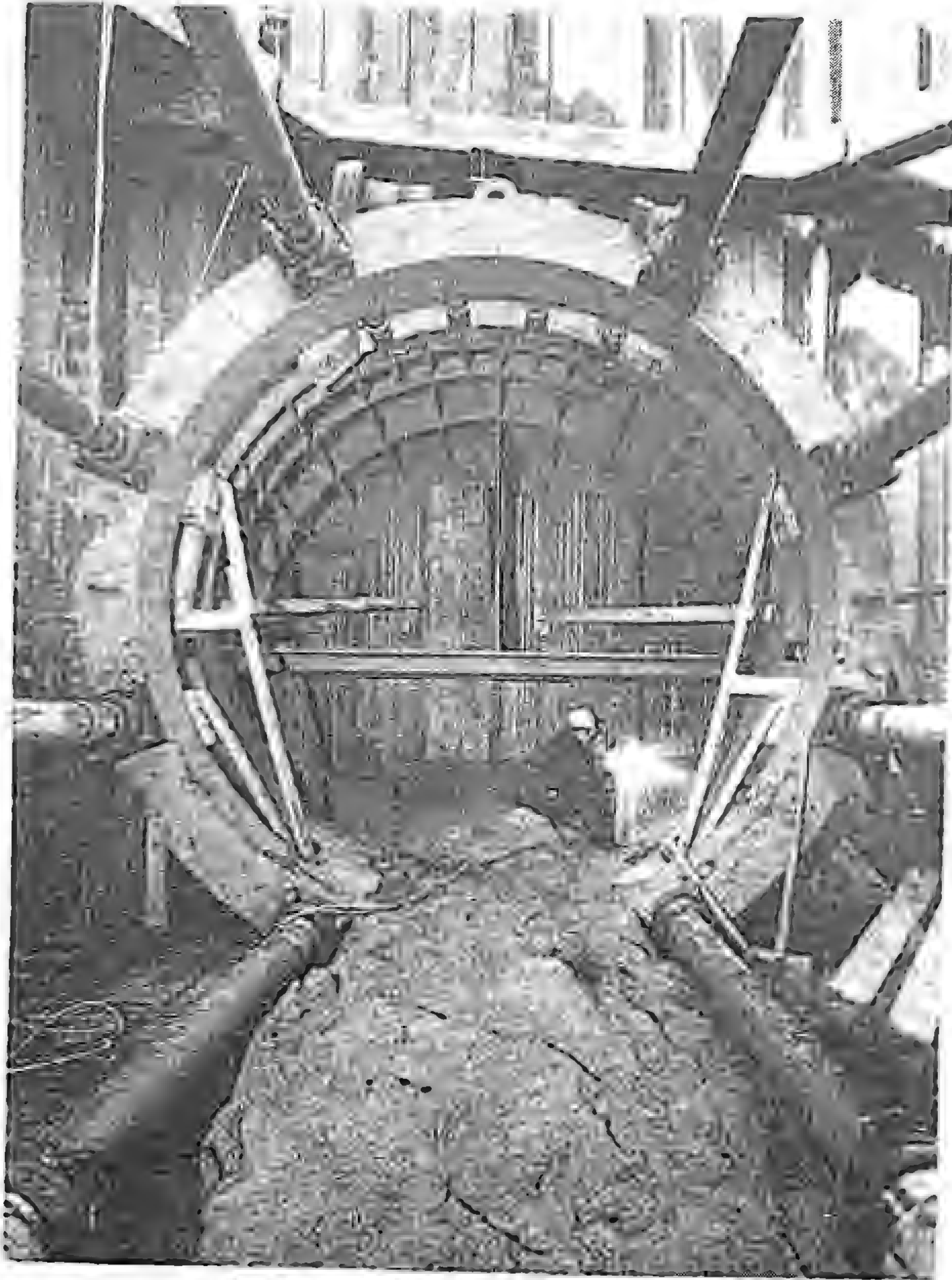
شكل (٩) الحفارة عبارة عن حفار داخلي مثبت في الدرع - يشترط جفاف التربة



شكل (٩) الحفار داخل الدرع ويقوم بالحفر في تربة جافة بينما (في الصورة السفلي) سير ناقل

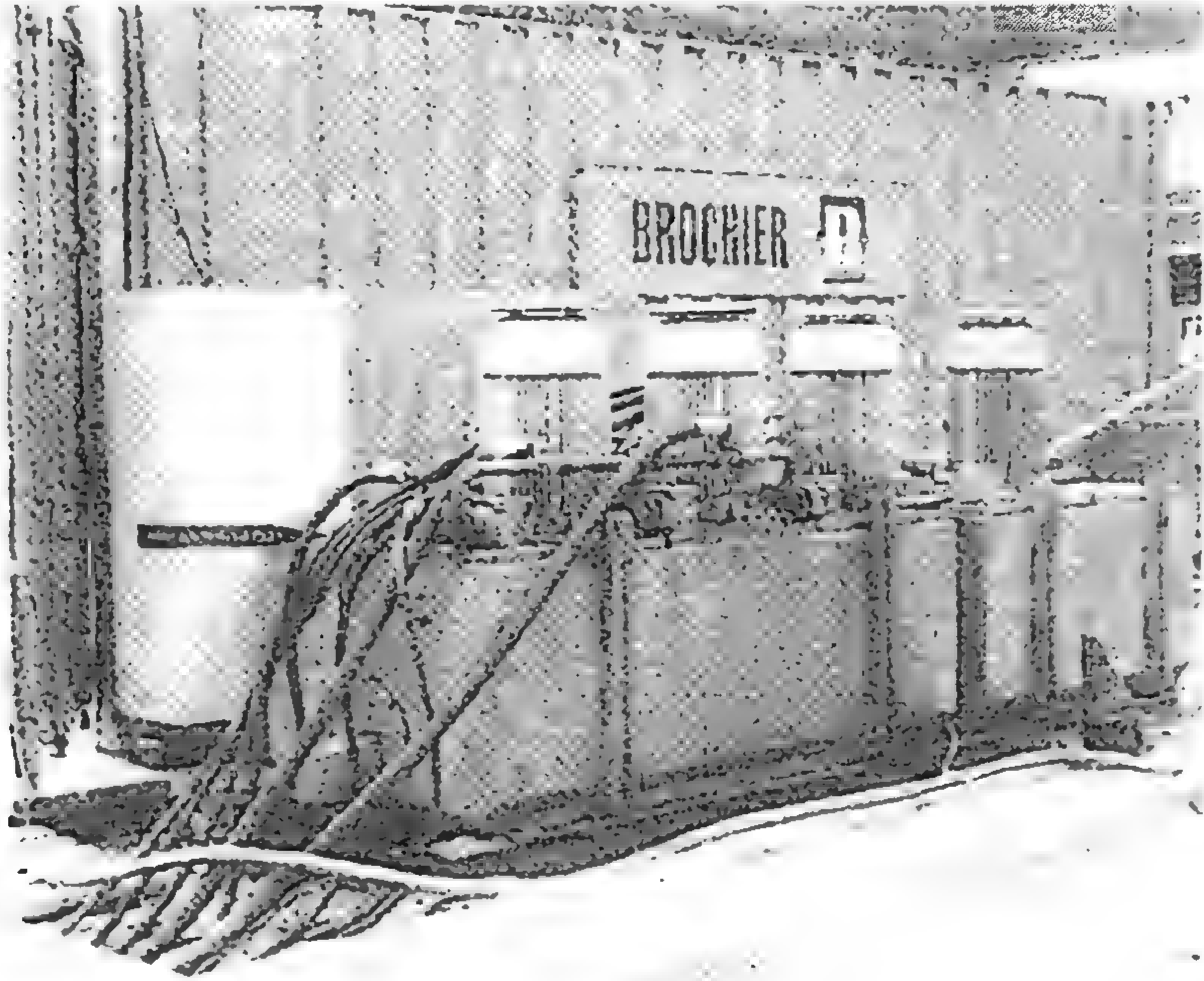
٥ - الروافع الرئيسية :

وتكون هذه الروافع مزدوجة الأنفراج Double stroke - شكل (١٠) ، ويمكن لها أن تتفرج حتى يبلغ أقصى الأنفراج لها ٥ أمتار وتبلغ قدرة الرافعة الواحدة أكثر من ٣٠٠ طن .

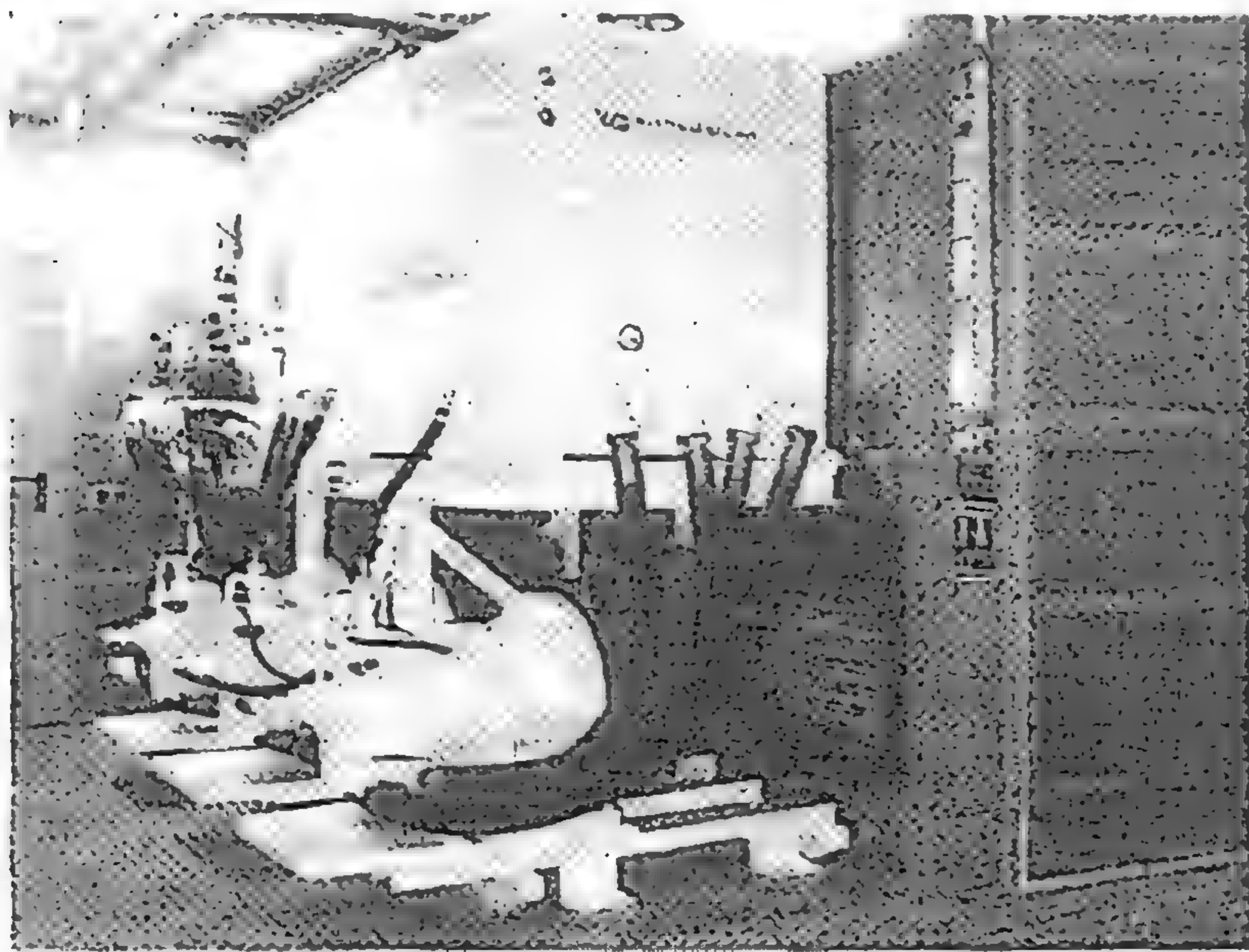


شكل (١٠) الروافع الهيدروليكية أثناء دفع المواسير

تدفع هذه الروافع حلقة دائرية (Diaphragm) التي ترتكز علي محيط الماسورة . كما يلتحق بها ، ماكينة ضغط الزيت للروافع والتي تعمل علي ضغوط عالية جدا- شكل (١١) . كما يلتحق بها أيضا لوحة التحكم - شكل (١٢) .



شكل (١١) ضواغط الزيت Power pack

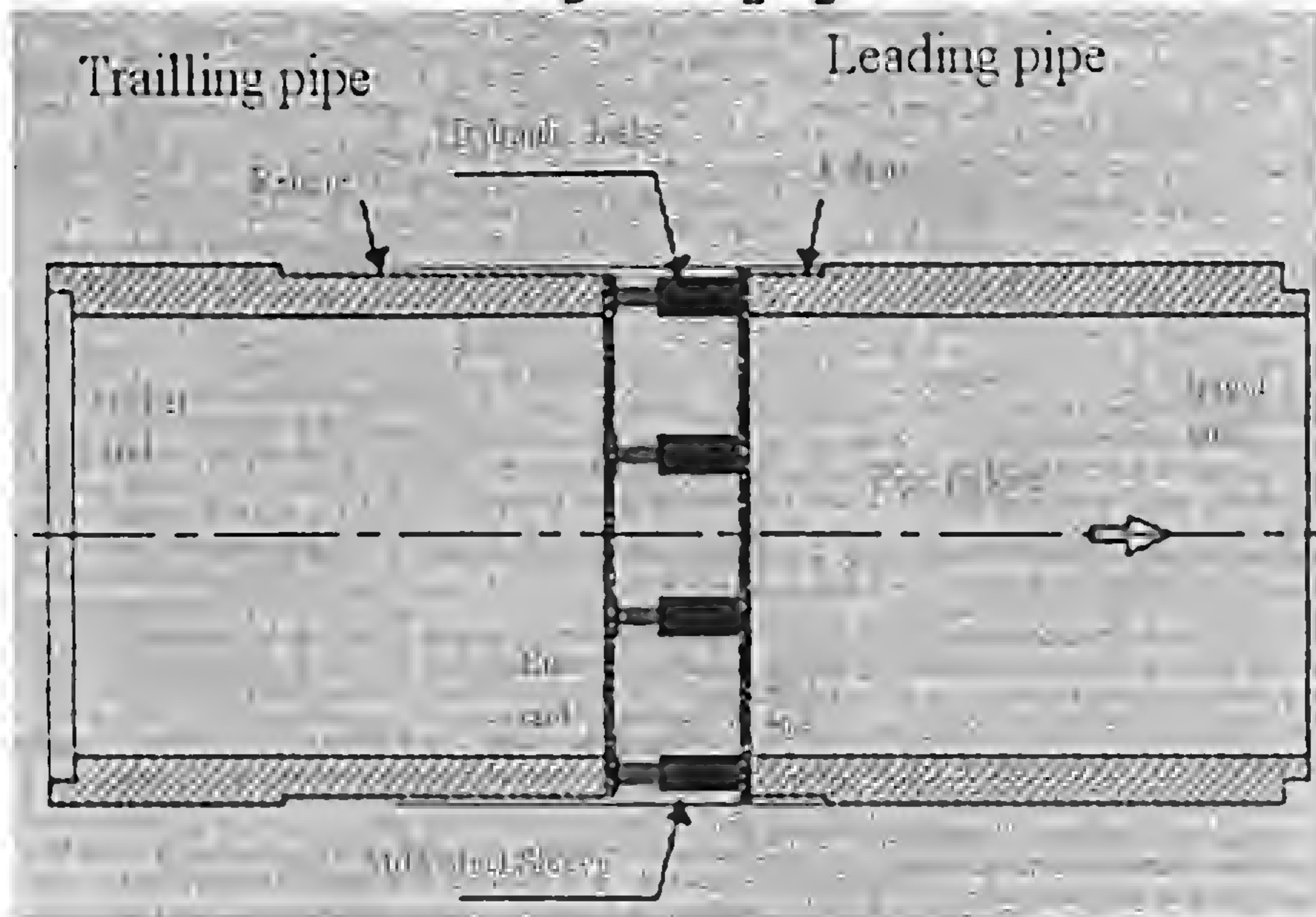


شكل (١٢) لوحة التحكم

٦ - محطات الدفع الوسطي Intermediate Jacking Stations :

يمكن للروافع الهيدروليكية الرئيسية دفع حوالي ٨٠ مترا طوليا و لا يمكنها الاستمرار حيث تتعاطم قوي الاحتكاك علي بدن المواسير . بعد دفع هذه المسافة يتم تركيب محطة الدفع الوسطي . تتكون محطة الدفع الوسطي من روافع هيدروليكية تركيب علي محيط الماسوره من الداخل - لها نفس قدره الروافع الأصلية و لكنها أكثر في العدد - مسافه الأنفراج حوالي ٣٠ سم . يتم تصنيع ماسورة خرسانية خاصة لهذه المحطة و تركيب مثل خط المواسير - شكل (١٣) . يمكن تركيب أي عدد من المحطات و لكن ذلك غير اقتصادي . و قد تحدد الطول الاقتصادي بمسافة ٣٥٠ - ٤٠٠ متر طولي . عند تشغيل الروافع الرئيسية و عند الأنفراج الأقصى لها - تبدأ أول محطة دفع وسطية في الأنفراج حتي نهاية مشوارها ثم تبدأ في تشغيل المحطة الوسطية الثانية حتي آخر أنفراجها ثم المحطة الثالثة و هكذا . بعد أنتهاء المحطات الوسطية من عملية الدفع تتكمش روافع الدفع الرئيسية ثم ننزل الماسوره التالية وتدفعها الروافع الرئيسية حتي كامل أنفراجها ثم تتكمش روافع المحطة الوسطية الأولى ثم تبدأ في الأنفراج حتي نهاية مشوار المكبس لتتكمش المحطة الوسطية الثانية ثم تبدأ في الأنفراج حتي نهاية مشوار المكبس و في نفس الوقت تتكمش المحطة الوسطية الثالثة و هكذا . بالطبع نري مدي تعقيد و بطيء هذه العملية و صغر المعدلات - لذا لا ينصح باستخدام أكثر من ٤ محطات وسطية .

Interjack pipes



شكل (١٣) رسم تخطيطي للروافع بالمحطة الوسطى

Intermediate Jacking Station



شكل (١٣) روافع الدفع المتوسطة

٧ - الأجهزة المساحية Surveying Instruments :

تستخدم أجهزة الليزر في هذا العمل لضبط الاستقامة و الميل - حيث يثبت جهاز الليزر في غرفة الدفع في مكان آمن و يضبط علي الميل المطلوب حيث يصدر أشعه مستقيمة تستقبلها لوحة استقبال الأشعة المثبته بالدرع الأمامي بجوار سائق الحفارة حيث يقوم السائق بمراقبة اللوحة . و في حاله أي انحراف للدرع يتم ضبطه عن طريق روافع التوجيه الأماميه ليتم تعديل المسار .

٨ - المطابق Manholes :

بعد أنتهاء دفع المواسير - يحدد أماكن المطابق ثم يتم الحفر حتي نصل الي ظهر الماسورة. نبدأ في التكسير في بدن الماسورة بقطر يساوي القطر الخارجي للمطبق ثم تثني أسياخ حديد التسليح الي أعلي و توضع الفرمة المعدنيه - رأسيه تماما - و يوضع بها أسياخ الحديد (الأشارات) من الماسوره و يستكمل التسليح في الفرمة ثم الصب . يمكن بعد ذلك تركيب باقي حلقات المطبق سابق التجهيز حتي منسوب الشارع .

٩ - وحده ضغط الهواء Compressed Air :

تستخدم وحده ضغط الهواء - في بعض طرازات الماكينات - في حالة وجود النفق تحت منسوب مياه الرش . يتم عمل بعض التعديلات كما يلي :

١ - تعمل بوابة حديدية أولي - بكامل القطاع الداخلي للمواسير - بعد أول

ماسورتين من الدرع و لها باب يمكن لعربات نقل التربة من الدخول و

الخروج . تكون هذه البوابه محكمة ضد تسرب الهواء ثم تعمل بوابة أخري

ثانيه مماثله علي بعد ١٥ متر من البوابه الأولي - شكل (١٤) .

يتم غلق باب الغرفة الثانية الخارجي ثم يضغط الهواء داخل الغرفة الأولي عند

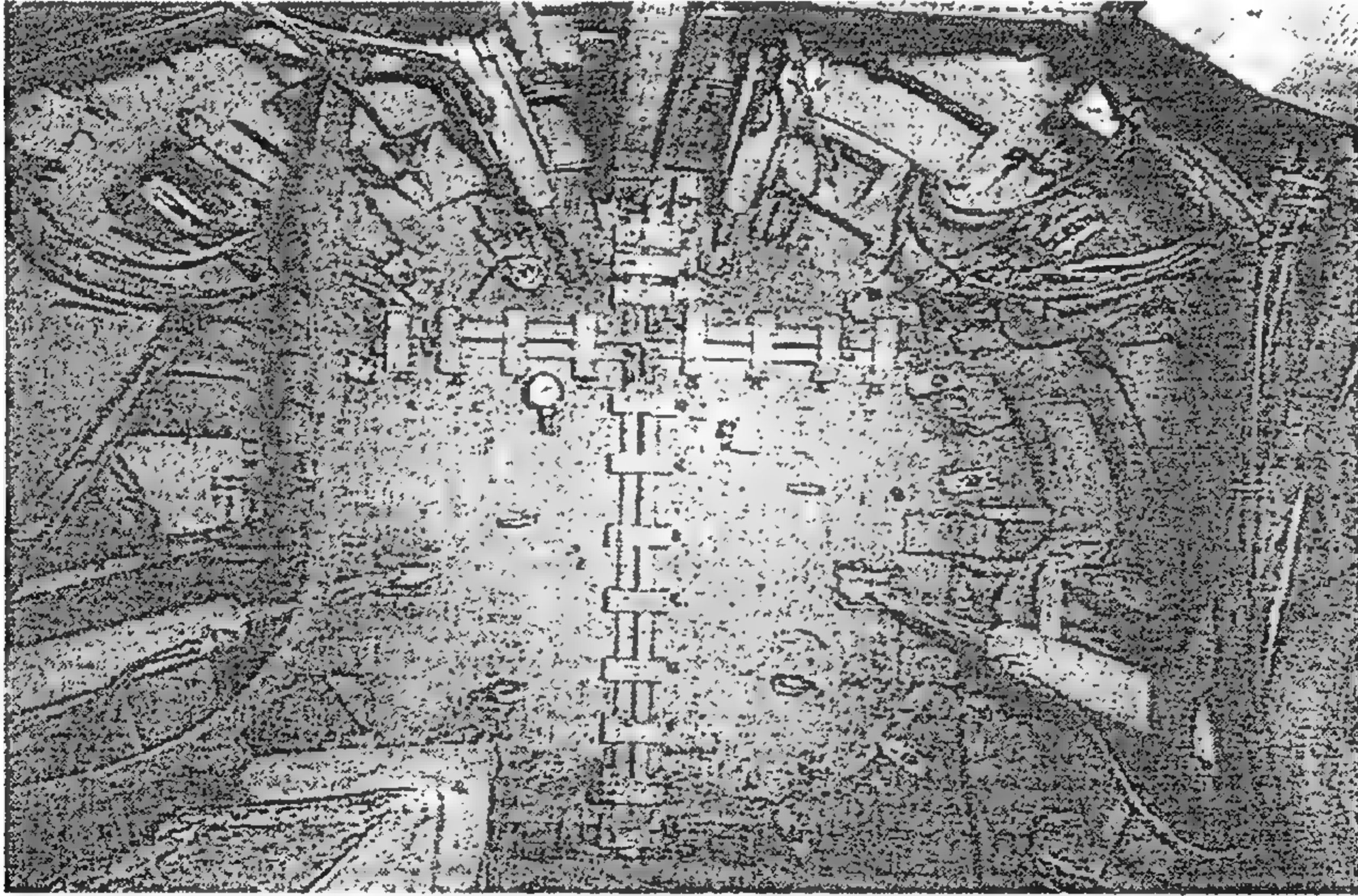
الدرع و الغرفة الثانية المجاورة بحيث يكون الضغط الهوائي بهما مساويا لأرتفاع

عمود المياه فوق النفق مع عمل زيادة طفيفة لمعادلة الفاقد و حتي تختفي مياه الرش .

نبدأ الحفر و تعبئه العربات و تدفع هذه العربات بعد الملء الي الغرفة المجاورة. تغلق البوابه الأولي ثم تفتح البوابه الثانيه و تسحب العربات الي الخارج للتفريغ . تعود العربات بعد التفريغ الي الغرفة الثانيه ثم تغلق البوابه الثانيه و يرفع ضغط الهواء بالغرفة الثانيه حتي يتساوي مع الضغط داخل الغرفه الأولي . يمكن عندئذ فتح البوابه الأولي لتدخل العربات للتحميل مره أخرى و هكذا . هذا التكنيك قديم ولا يعمل إلا في حالات نادرة وفي الطرازات القديمة .

١٠ - ماكينة خلط البنتونايت :

البنتونايت عباره عن طفلة مطحونه و ناعمة بدرجة فائقة جدا - ، عند خلطها بالمياه تكون روية مماثله للشحم . يخلط البنتونايت مع المياه في خلاطه خاصه ثم تدفع الي وعاء الحقن الذي يدفع الخليط - بضغط الهواء - و من خلال الثقوب الموجوده في بدن المواسير لملء الفراغ خارج الماسوره .



شكل (١٤) غلق النفق في حالة أستخدام الهواء المضغوط

١١ - وحده توليد الكهرباء :

يجب توفير وحده توليد كهرباء ذات قدره مناسبة و كافيه لتشغيل معدات الدفع في حالة أنقطاع التيار الكهربائي حتي لا يتوقف العمل .

طريقة التنفيذ :

- ١ - تنشأ غرفة الدفع و يتم تركيب المعدات و الروافع بها.
 - ٢ - نبدأ الحفر - يدويا - و بعمق كافي يستوعب طول الدرع، ننزل الدرع الأمامي ويدفع الي الداخل.
 - ٣ - ننزل أول ماسورة داخل غرفة الدفع خلف الدرع . نبدأ في تشغيل الروافع لتدفع المواسير في اتجاه النفق مع استمرار عمليه الحفر . يتم أخراج الحفر بأي طريقة كما ذكر.
 - ٤ - ننزل الماسوره الثانيه و يتم تركيبها في الماسورة الأولى ثم تدفع الماسورتين في اتجاه النفق . يتم ضبط الأفقية و الميل بواسطة جهاز الليزر المركب في مكان آمن في غرفه الدفع.
 - ٥ - يعمل حقن بنتونايت للماسورة الثانية خلال ثقب الحقن ثم توضع سداة فيه بعد الأمتلاء.
 - ٦ - ننزل الماسورة الثالثة و يتم تركيبها مع الماسورة الثانية ثم تدفع الروافع المواسير الثلاثة داخل النفق و هكذا.
 - ٧ - يستمر العمل حتي الوصول الي المرحلة التي يتم تركيب محطه الدفع الوسطي بعد ٨٠ متر . تقوم هذه المحطة بدفع المواسير مع المحطه الأصليه حتي موضع محطه الدفع الوسطي الثانية بعد مسافة ٨٠ متر أخرى . تتركب هذه المحطة و نستأنف الدفع مرة أخرى (مع محطات الدفع الأخرى) و هكذا.
- وهناك بعض المعدلات الأسترشادية لماكينات الأنفاق - شركة هرנקنيخت
HERRENKNECHT الألمانية :

طراز المعدة	القطر الداخلي للنفق (مم)	المعدل / ١٢ ساعة (متر)
MH3-L	١٢٠٠ - ١٠٠٠	٢٥
MH3	١٧٠٠ - ١٢٠٠	٤٠
MH-2	٢٧٠٠ - ١٧٠٠	٢٦
MH1	٣٥٠٠ - ٢٧٠٠	١٩
حفارة تعمل بحركة دائرية	٣٥٠٠ فأكبر	أكبر من ١٠ متر

تجربة النفق :

يتم تجربة النفق بحساب كمية الماء الراشحة من الخارج الي الداخل Infiltration Test كما يلي :

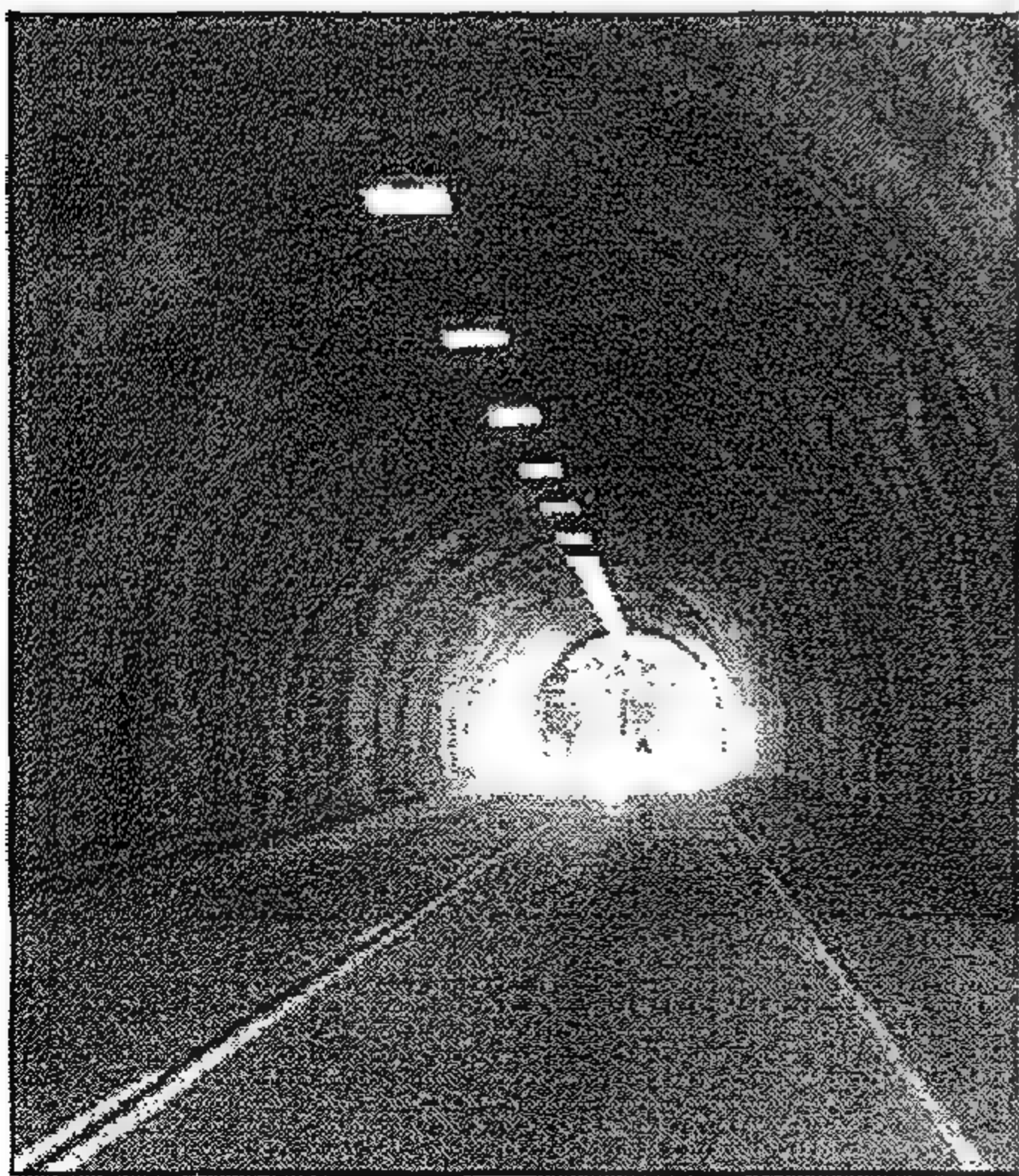
- ١ - يتم علاج نقاط الرشح الظاهرة داخل النفق بالحقن.
 - ٢ - يحدد القطاع المطلوب أختيباره ثم يبني سد من المباني عند كل طرف بارتفاع أعلي من مياه الرشح التي قد تكون موجودة بالنفق.
 - ٣ - تعمل علامة عند سطح الماء و ننتظر ٢٤ ساعة ثم تعمل علامه ثانية لمنسوب المياه الجديد.
 - ٤ - تحسب كمية المياه المتكونة خلال ٢٤ ساعة:
طول القطاع تحت التجربة × عرض القطاع المائي × ارتفاع المياه (الفرق بين العلامتين).
- تكون كمية مياه الرشح المسموح بها من الخارج الي الداخل:
18.5 لتر / مم من قطر النفق / كم من طول النفق / يوم.
- إذا زادت كمية المياه الراشحه عن هذا المعدل فيجب معالجة أماكن الرشح و علاجها ثم تعاد التجربة مره ثانية.
- يمكن أن تجري التجربة فترة ٨ ساعات علي الأقل ثم تحسب كمية الرشح.

ملاحظة :

- ١ - يجب أن لا يقل ارتفاع الأرض فوق النفق عن ٢,٥ مرة للقطر حتي لا يتسرب الهواء المضغوط أو حدوث قلقلة لسطح الأرض ،
- ٢ - لمراعاة الأقتصاد في تكاليف إنشاء الأنفاق ، تستخدم معدات تنفيذ الأنفاق التي تعمل بالحفر اليدوي في الأنفاق ذات الطول القصير مثل تعديات الطرق و السكك الحديدية (بشرط جفاف المسار) ، بينما تستخدم معدات تنفيذ الأنفاق المميكنه بالكامل Fully Mechanized في الأنفاق التي يكون طولها ١,٥ - ٢ كم فأكثر .

المراجع

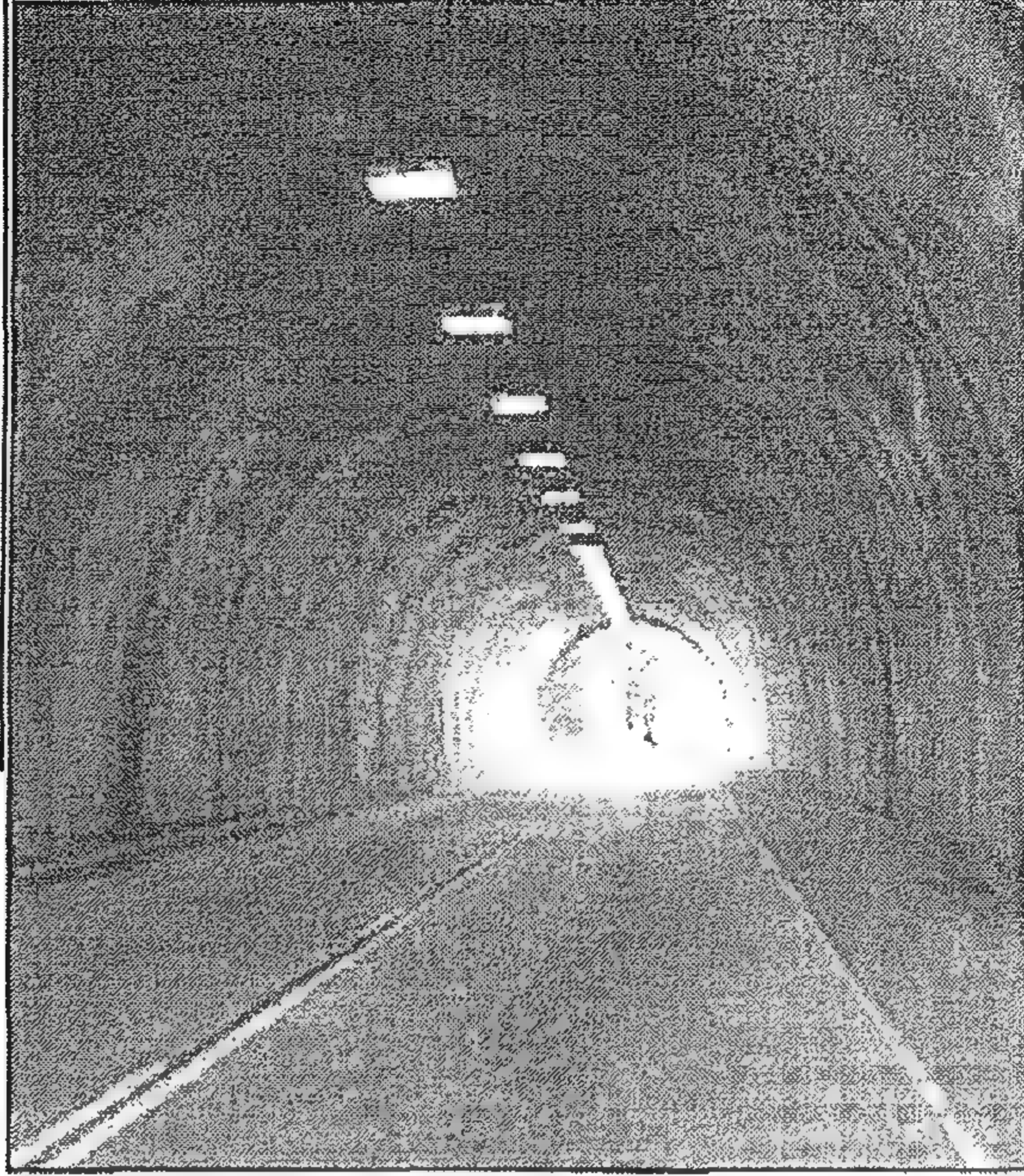
- ١ - كتالوجات الشركات المنتجة لمعدات الأنفاق.
- ٢ - عمليات الأنفاق المنفذة في شركة المقاولون العرب:
- ٣- هندسة التشييد لمرافق المياه والصرف الصحي م/ محمود حسين المصيلحي.



1

الإنشاءات المتميزة

حقوقاً وحقوقاً



الباب الخامس

الأنفاق المجزأة

Segmental tunnels

الأنفاق المجزأة

Segmental Tunnels

مقدمة :

عندما يتطلب الأمر إنشاء أنفاق ذات قطر كبير - أكبر من ٣ متر - فإن الحل الوحيد هو استخدام طريقة الأنفاق المجزأة حيث أمكانات التنفيذ للأقطار الكبيرة. و من الأمثلة البارزة في هذا الشأن :

- مترو الأنفاق - المرحلة الثانية بمدينة القاهرة - قطر ٩ متر .
- نفق الشهيد أحمد حمدي أسفل قناة السويس - قطر ١٠,٤ متر.
- نفق الصرف الصحي للقاهرة الكبرى - قطر ٥,٥ متر .
- يمكن أيضا تنفيذ الأنفاق بالطريقة السابقة حتي قطر ١,٥ متر - و للأنفاق الأقل قطرا فيمكن استخدام المواسير .

أولا : غرفة البداية (أنفاق الصرف الصحي فقط - الأنفاق الصغيرة نسبيا) :

أختيار أماكن غرف الدفع :

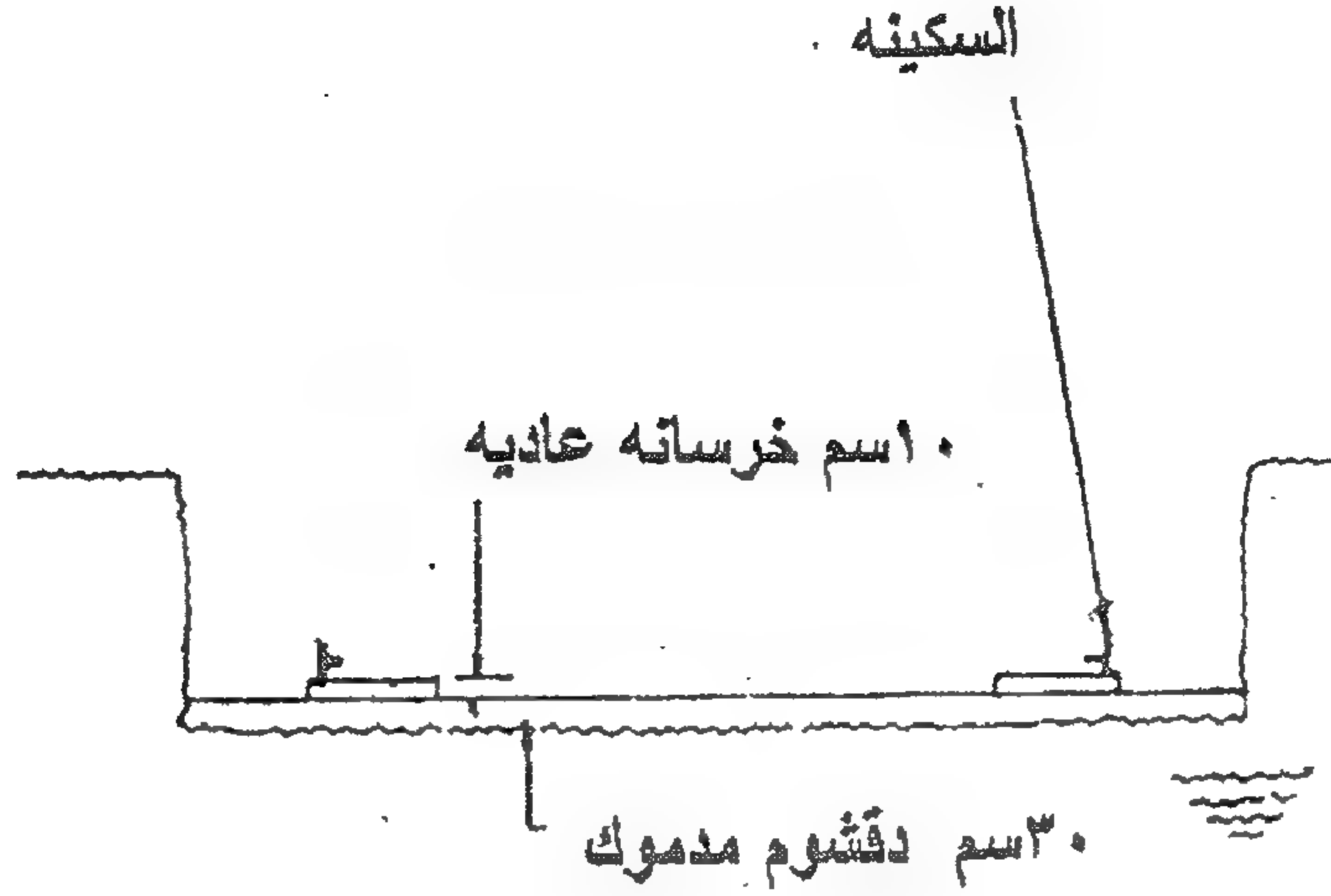
- ١- بداية النفق .
- ٢ - تغير قطر النفق .
- ٣ - تغير اتجاه النفق .
- ٤ - تغير منسوب دخول النفق عن منسوب الخروج .
- ٥ - يفضل أن يكون موقع الغرفة أمام الشوارع العرضية .
- ٦ - كل مسافة مناسبة واقتصادية تبعا لنوع الماكينة .

طريقة الإنشاء :

المرحلة الأولى :

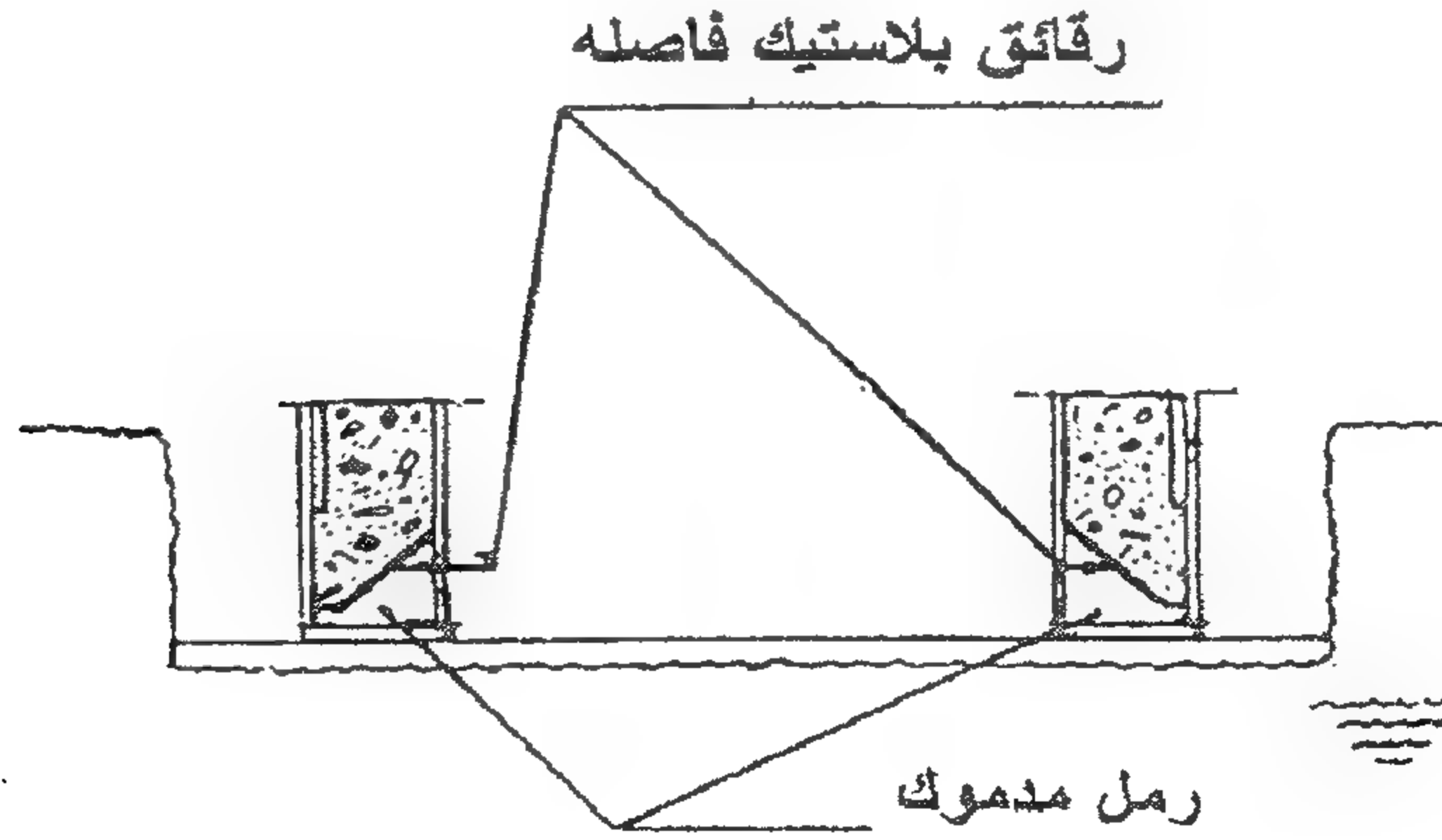
- ١ - الحفر المكشوف حتي منسوب مياه الرش .
- ٢ - وضع ودمك طبقة مستوية من الدقشوم سمكها = ٣ - ٥ سم .

- ٣ - صب ١٠ سم خرسانة عادية علي منسوب أفقي واحد أسفل السكين القاطع .
- ٤ - وضع وتثبيت ولحام السكين القاطع Cutting Edge .



المرحلة الثانية :

- ١ - الردم والدمك بالرمال مع تشكيل طبقة الرمال عند السكين القاطع .
- ٢ - وضع رقائق البلاستيك عند الجزء المشطوف من السكين القاطع .
- ٣ - عمل شدة النجارة للحطة الأولى ثم تسليحها ثم الصب .

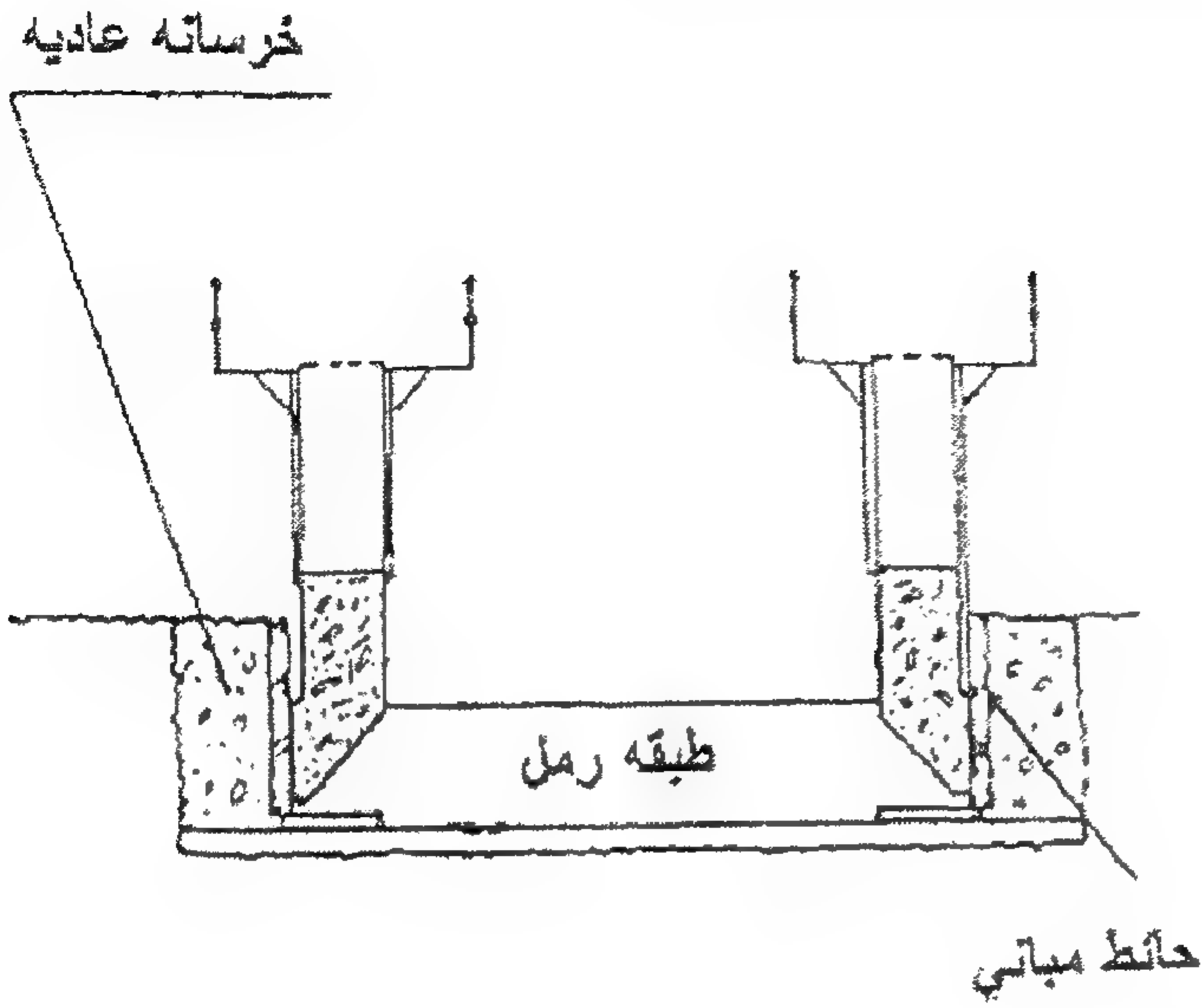


المرحلة الثالثة :

- ١ - عمل فتحات دخول وخروج النفق - يتم سدها مؤقتا بالخرسانة العادية أو المباني .
- ٢ - تركيب الشدة المعدنية أو الخشبية الداخلية والخارجية للحطة الثانية .

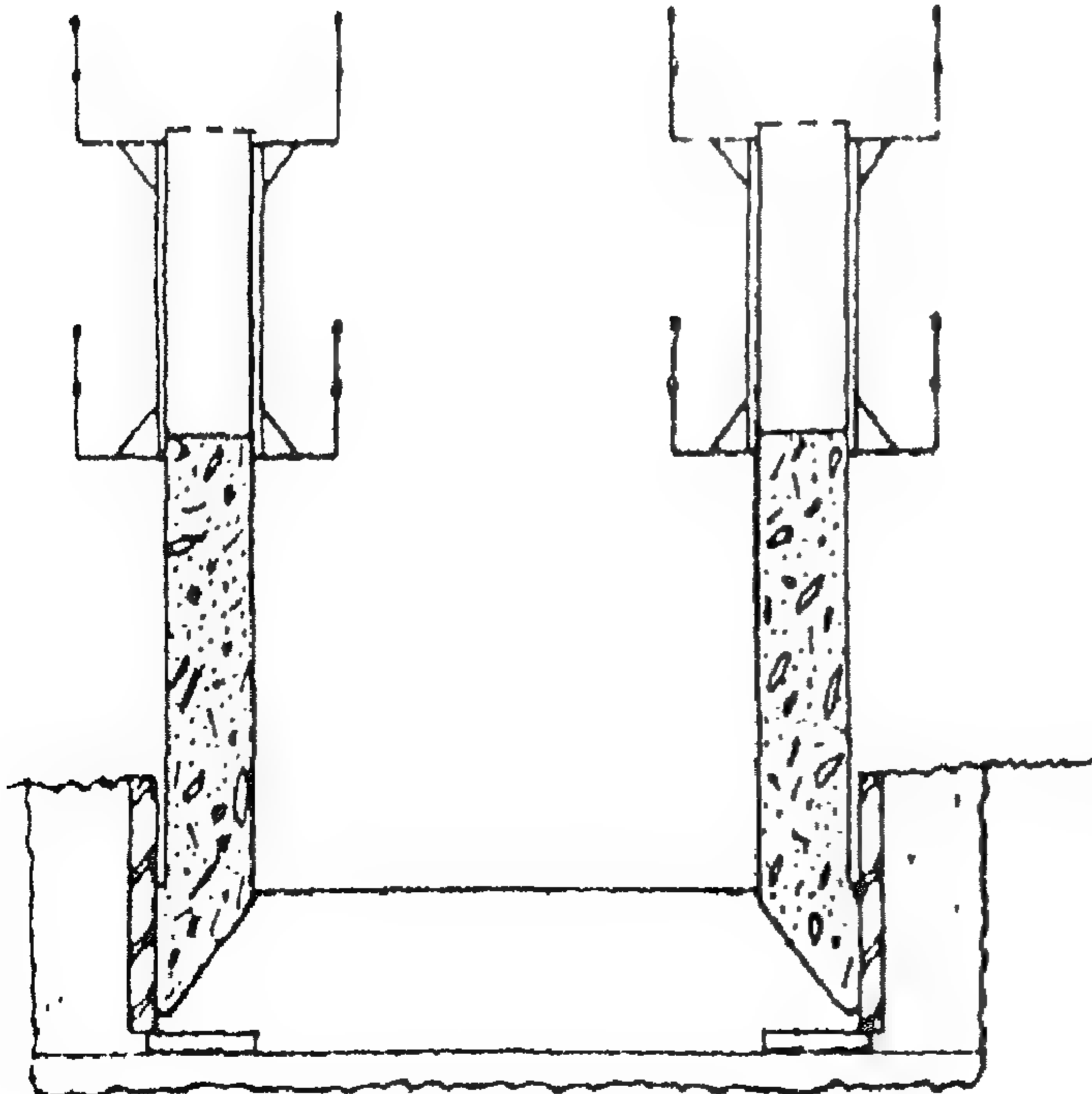
٣ - بناء حائط ٢/١ طوبة من الخارج .

٤ - صب خرسانة ضعيفة خلف الحائط .



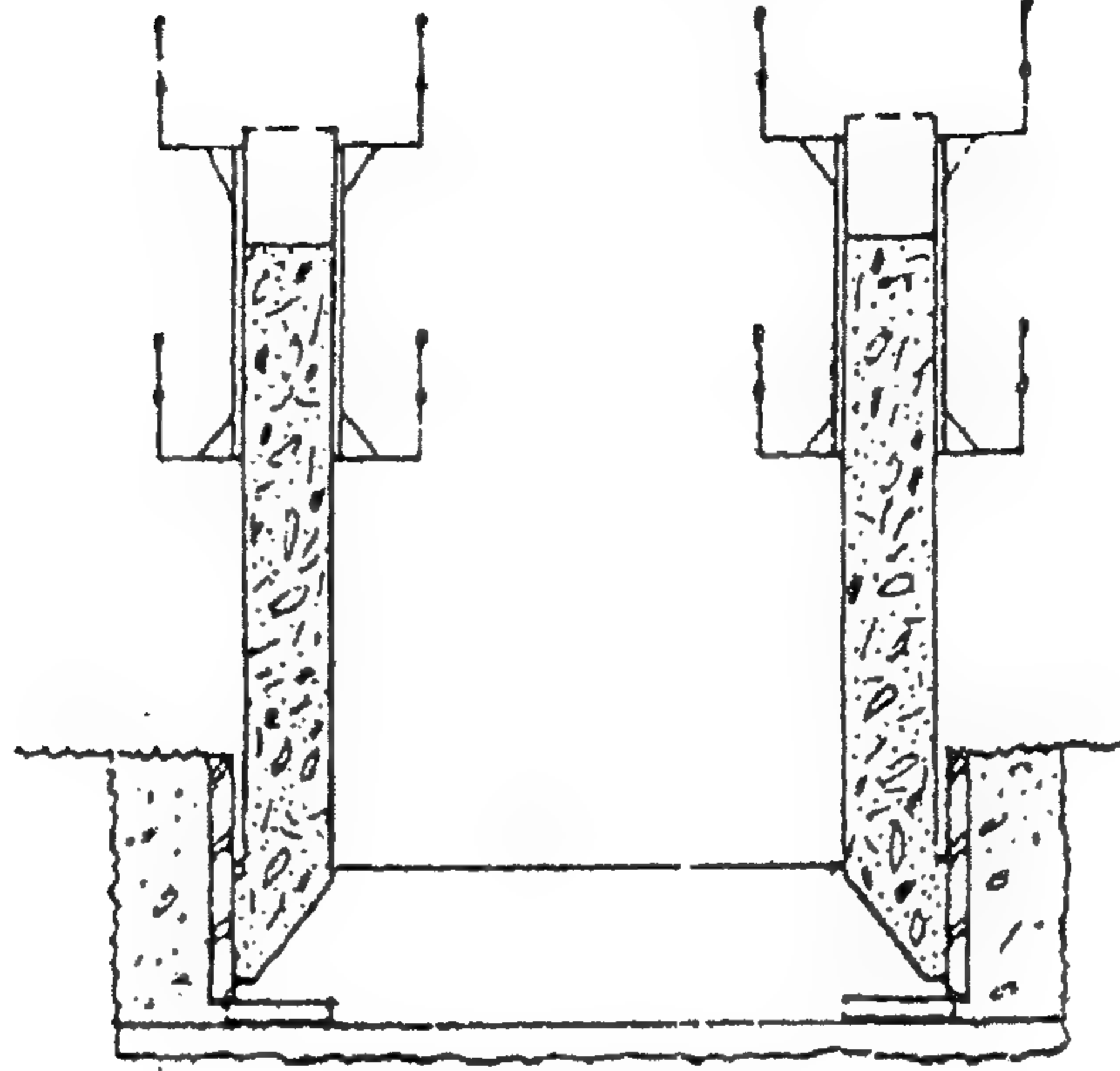
المرحلة الرابعة :

١ - صب الحطات الخرسانية للحوائط .



المرحلة الخامسة :

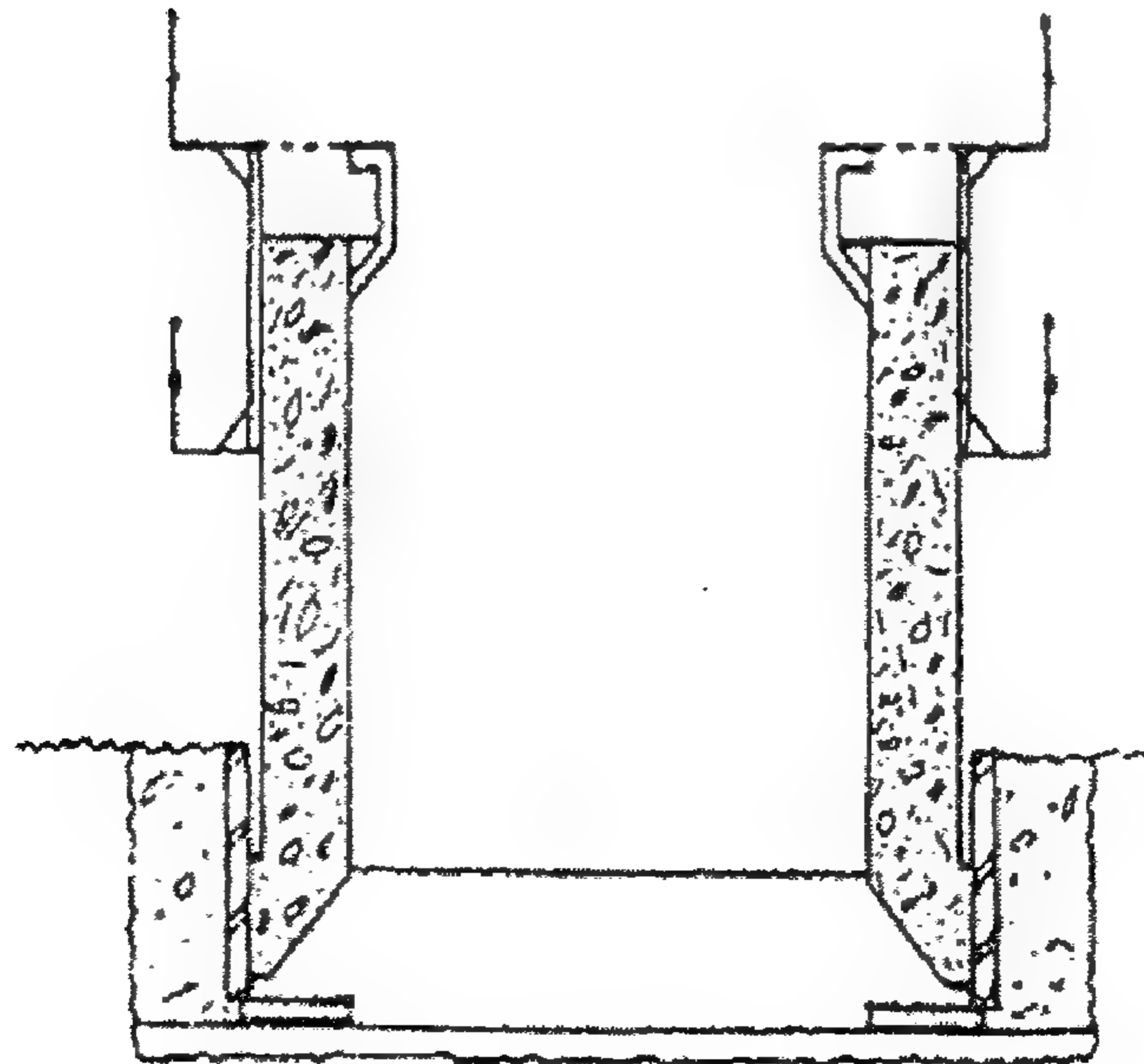
١ - أستكمال صب الحوائط حتي بطنية سقف البيارة .



المرحلة السادسة :

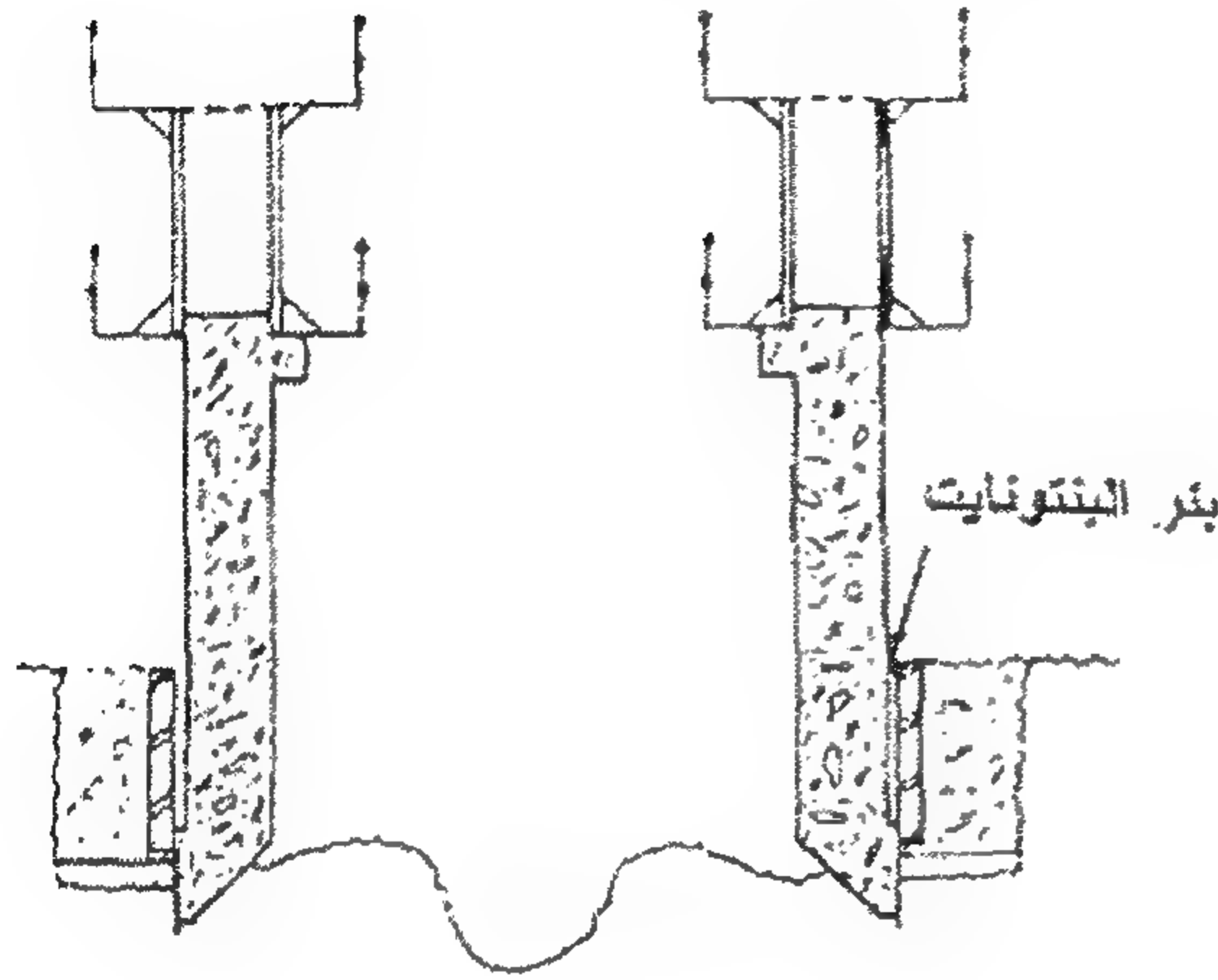
١ - إزالة الشدة الداخلية .

٢ - عمل شدة كمره الونش الداخلية ثم التسليح ثم الصب .



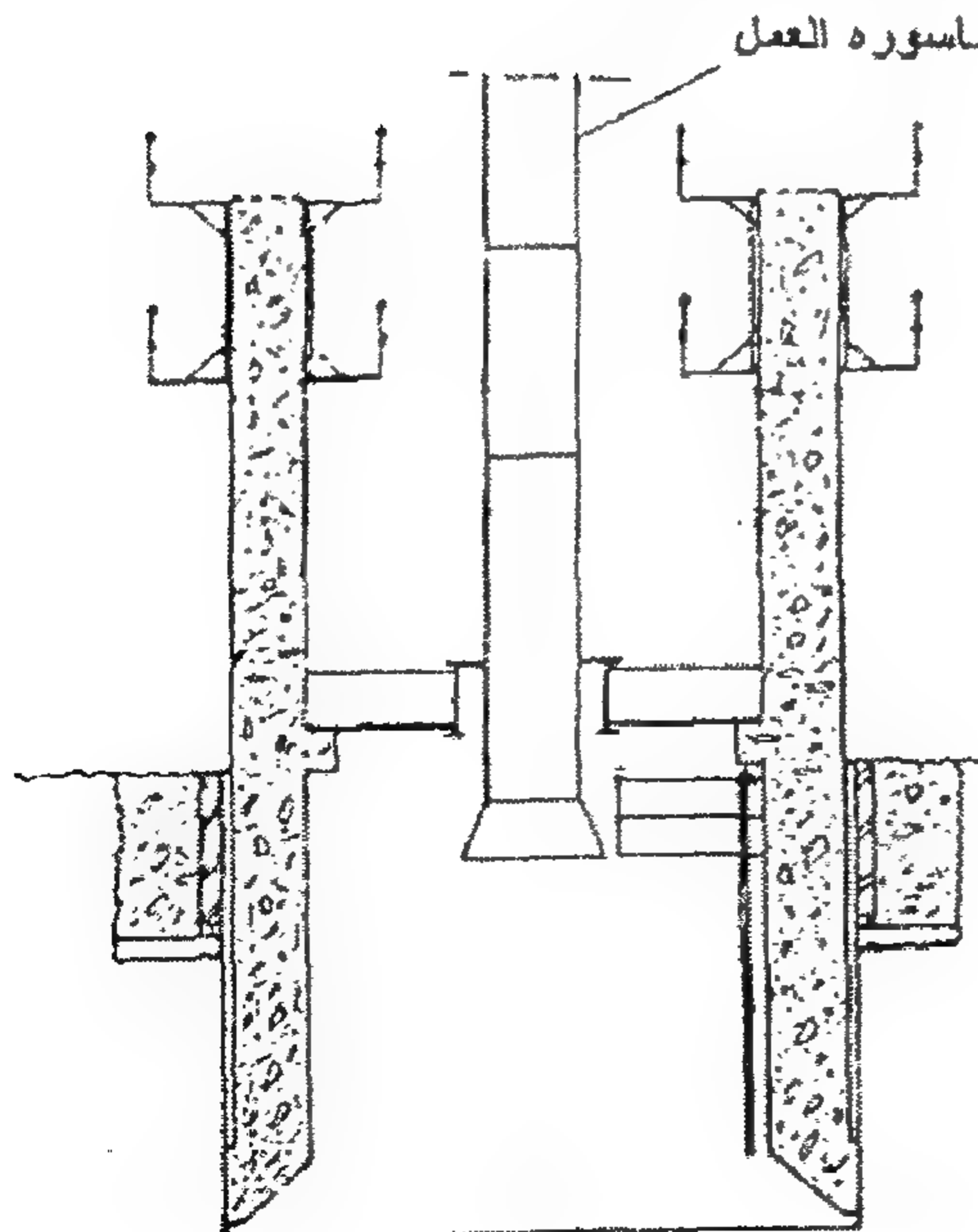
المرحلة السابعة :

- ١ - إزالة شدة كمره الونش .
- ٢ - إعادة تركيب الشدة الداخلية والخارجية .
- ٣ - بدأ التغويص حتي منسوب مياه الرشح .



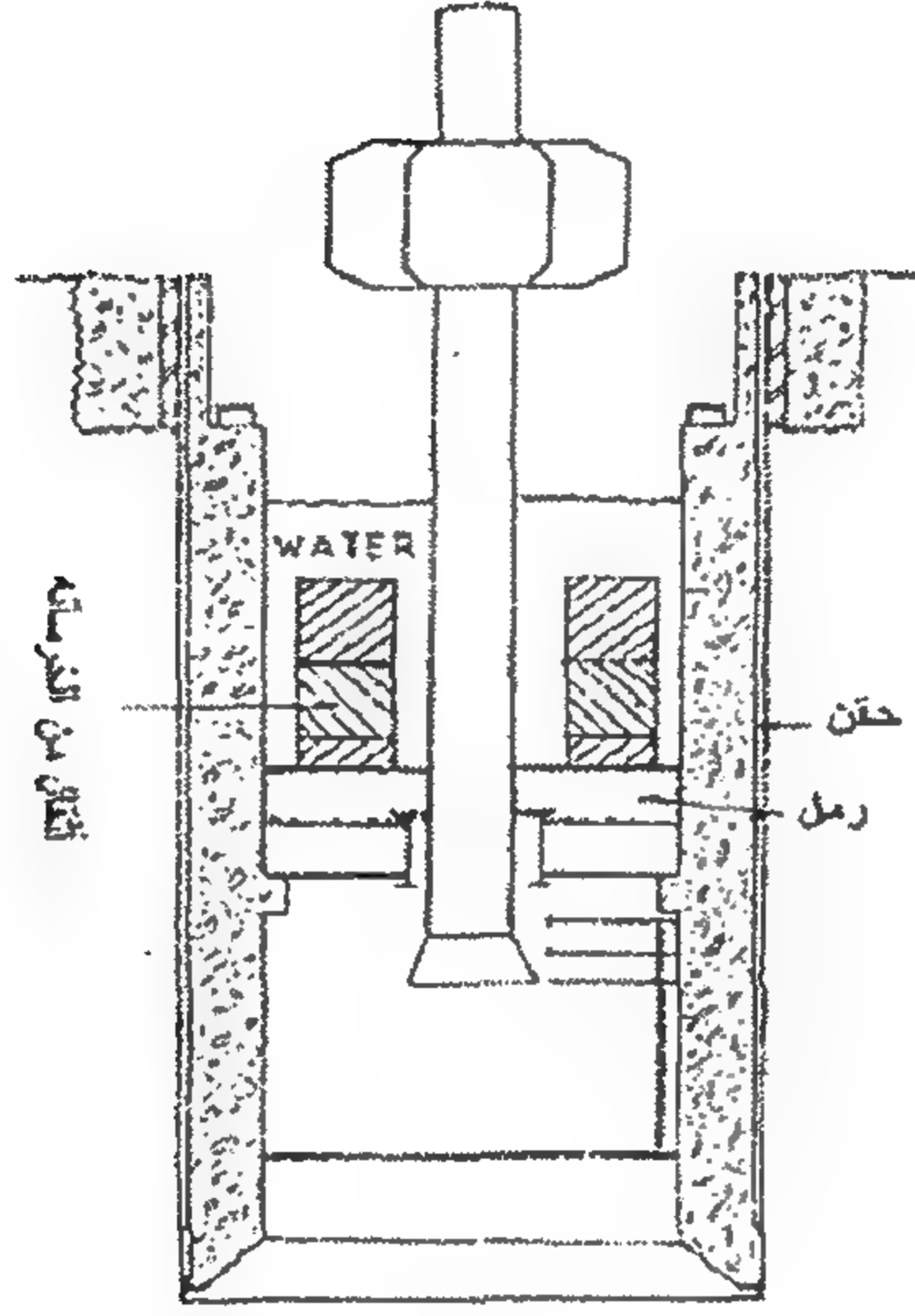
المرحلة الثامنة :

- ١ - أستمرار الصب .
- ٢ - تركيب معدات الهواء المضغوط .



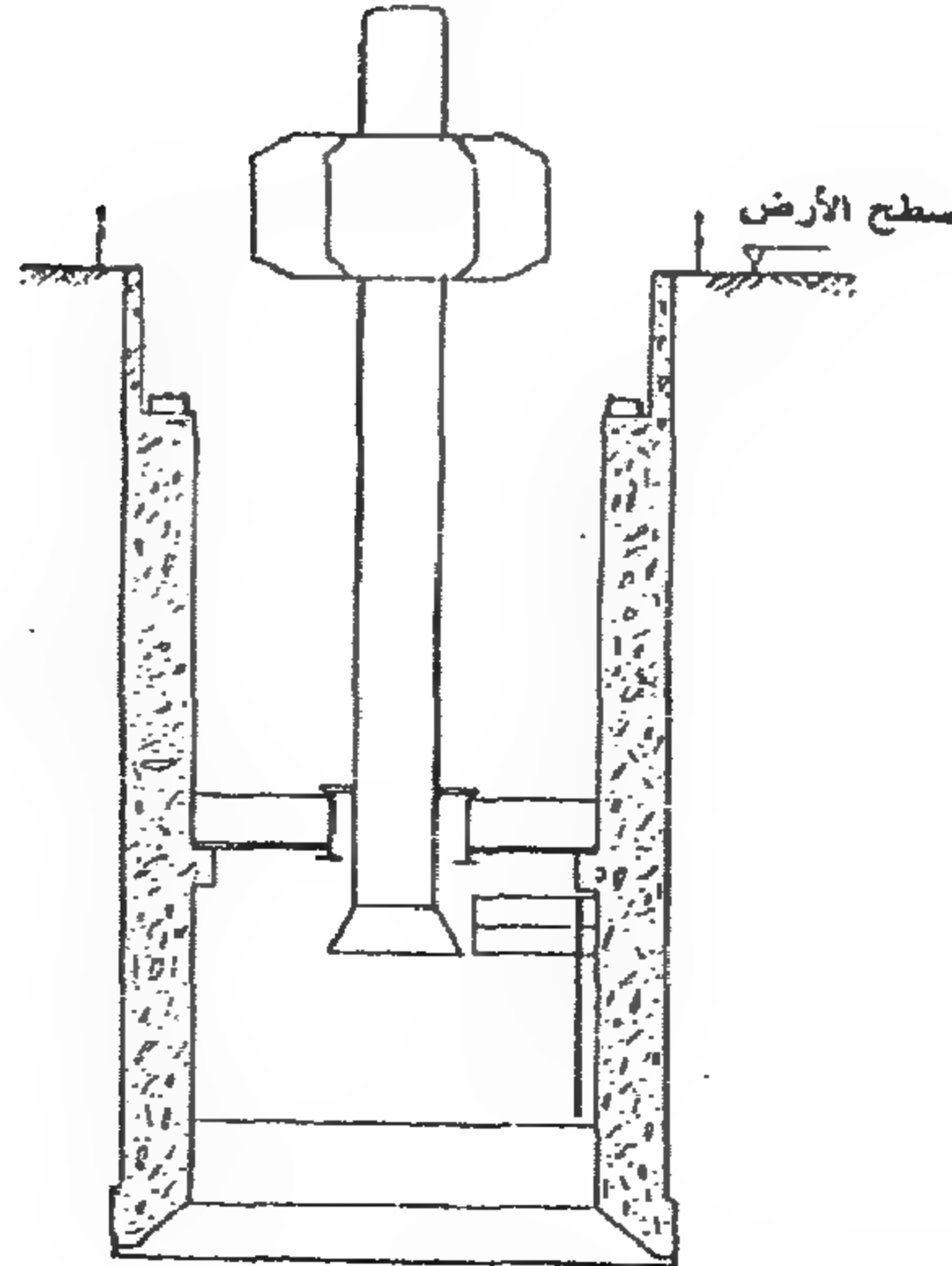
المرحلة التاسعة :

- ١ - وضع أتقال داخل البئارة للمساعدة في عملية التغويص - الانتهاء من الصب .
- ٢ - الانتهاء من تغويص البئارة .
- ٣ - صب الخرسانة العادية أسفل البئارة وحقنها بالأسمنت . تظل البئارة تحت ضغط الهواء .



المرحلة العاشرة :

- ١ - الضبط النهائي و إزالة الأتقال من البئارة.



شكل (١) مراحل إنشاء غرفة البداية باستخدام طريقة الهواء المضغوط

كما يمكن تنفيذ غرفة البداية من حلقات سابقة الصب - شكل (٢) علي أن يتم عمل كسوة للحلقات من الخرسانة المسلحة بسمك ٢٥ سم تقريبا . يتم ذلك طبقا للطريقة التنفيذية التالية :

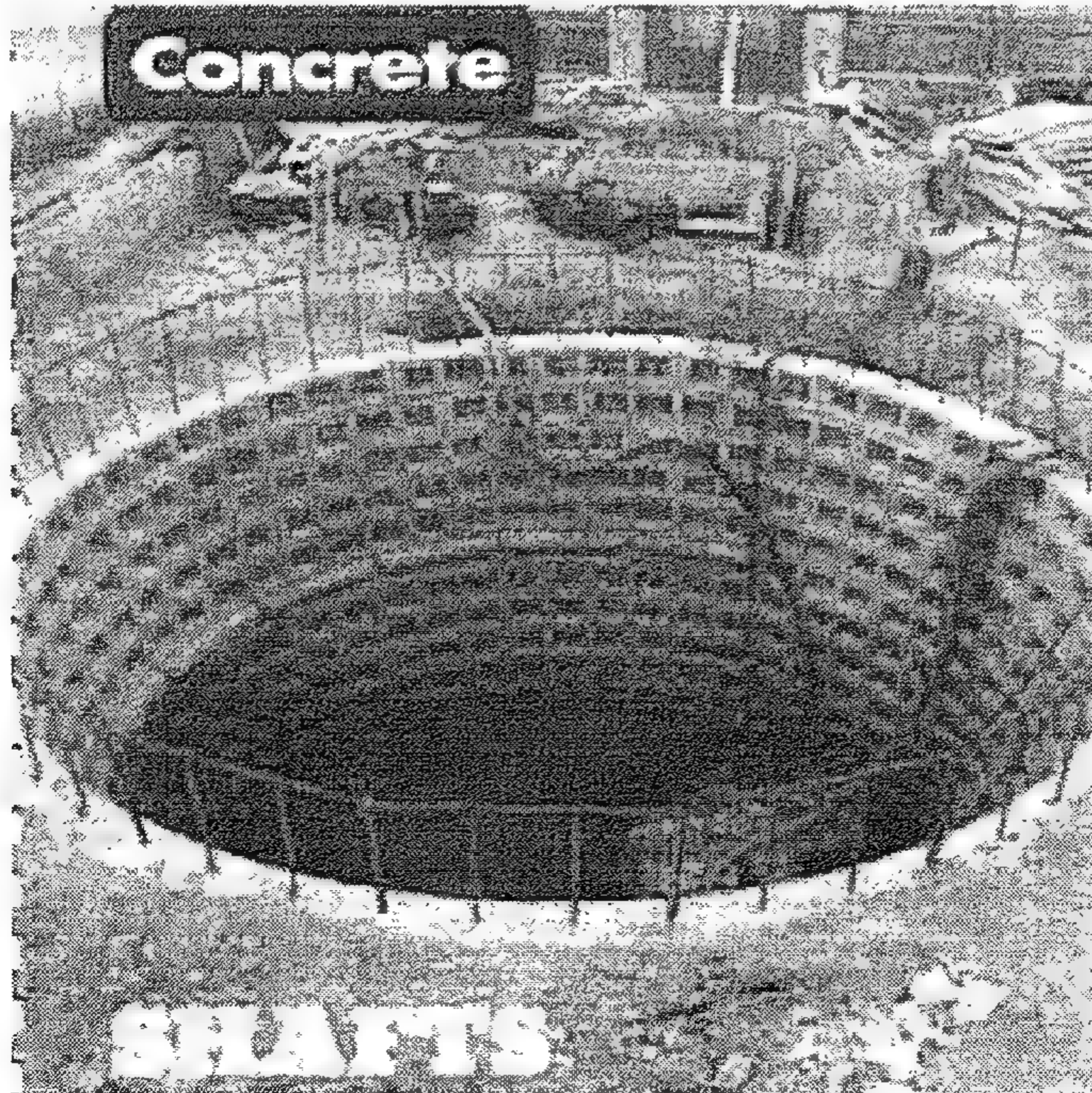
١ - تركيب الحلقات الدائرية في موقع البئارة بالمسامير (الشريحة الأولى والثانية والثالثة ٠٠٠) .

٢ - الحفر بداخل الحلقات بالحفار الكباش Clamshell , فتغوص الحلقات داخل الأرض .

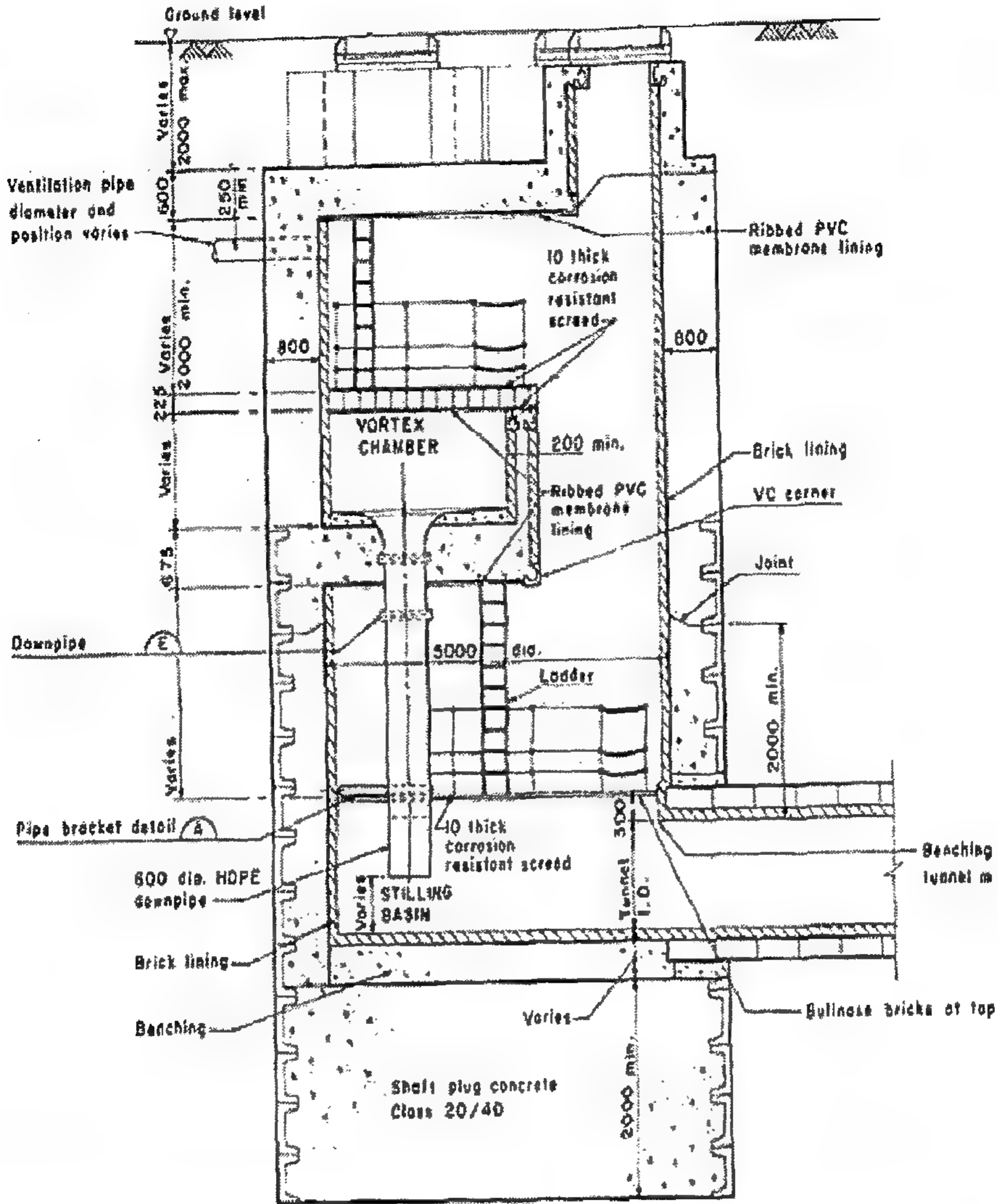
٣ - تركيب حلقة أخرى ويتم الحفر داخلها ثم الحلقة التالية وهكذا .

ثانيا : غرفة النهاية Recovery pit :

تنشأ غرفة النهاية آخر النفق المنفذ ، وتستقبل هذه الغرفة الحفارة في آخر مرحلة عمل لها بالنفق . يمكن أن تنفذ هذه الغرفة بأنشاءات مؤقتة (ستائر معدنية) ، أو من الخرسانة المسلحة إذا ما كان نهاية النفق غرفة تفتيش أو صمامات وهي أصغر قليلا من غرفة البداية . تستخدم أيضا لأخراج معدة النفق بعد نهو العمل الي الخارج .



شكل (٢) غرفة بداية من القطع الخرسانية Segments

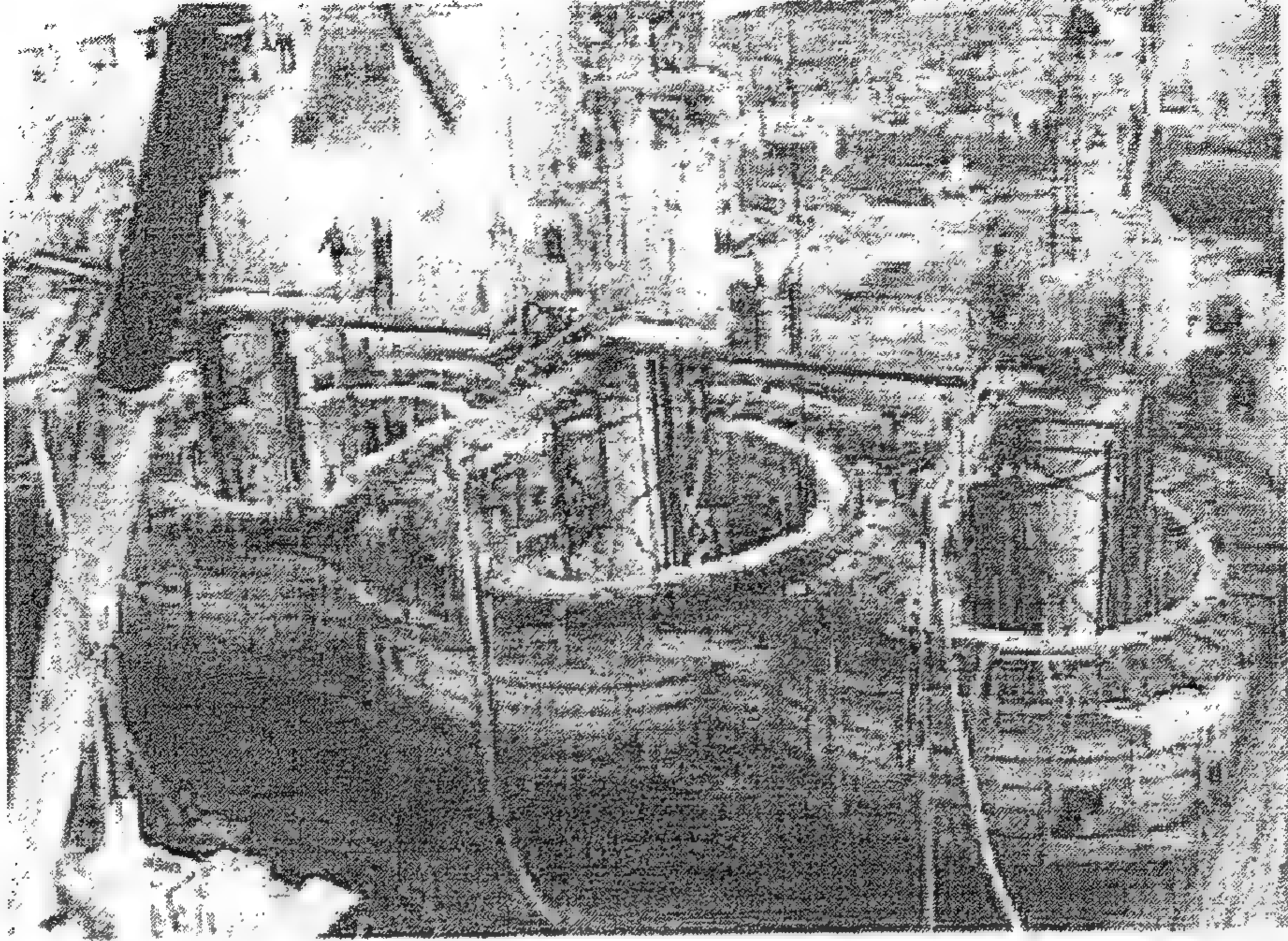


شكل (٢) نموذج لغرفة علي النفق عند مصب ماسورة فرعية علي النفق الرئيسي - نفق الصرف الصحي للقاهرة الكبرى - تسمى هذه الغرفة غرفة الدوامة Vortex Chamber

ملاحظة :

- ١ - عند دخول مجمع صرف صحي علي النفق ، تعمل ما يسمى غرفة الدوامة شكل (٢) ، حيث تدخل التصريفات من المجمع المذكور علي عمق ٩ متر (مثلا) . يكون النفق علي عمق ٢٠ متر (مثلا) . فرق الارتفاع هذا يكون خلال الماسورة الرأسية الظاهرة بالرسم كي تدخل المياه الي النفق برفق .

٢ - قد يحتم موقع العمل أو المساحة المتوفرة أن تأخذ غرفة الدفع شكلا مغايرا وغير تقليدي - شكل (٣) .



شكل (٣) غرفة الدفع للنفق العمومي للصرف الصحي للقاهرة الكبرى - ميدان باب الشعرية
كانت غرفة الدفع تتكون من ثلاث دوائر متماسة تقريبا ونفذت هذه الغرفة بالهواء المضغوط
كان للغرفة ضرورة أنشائية وموقعية كي تصبح بهذا الشكل

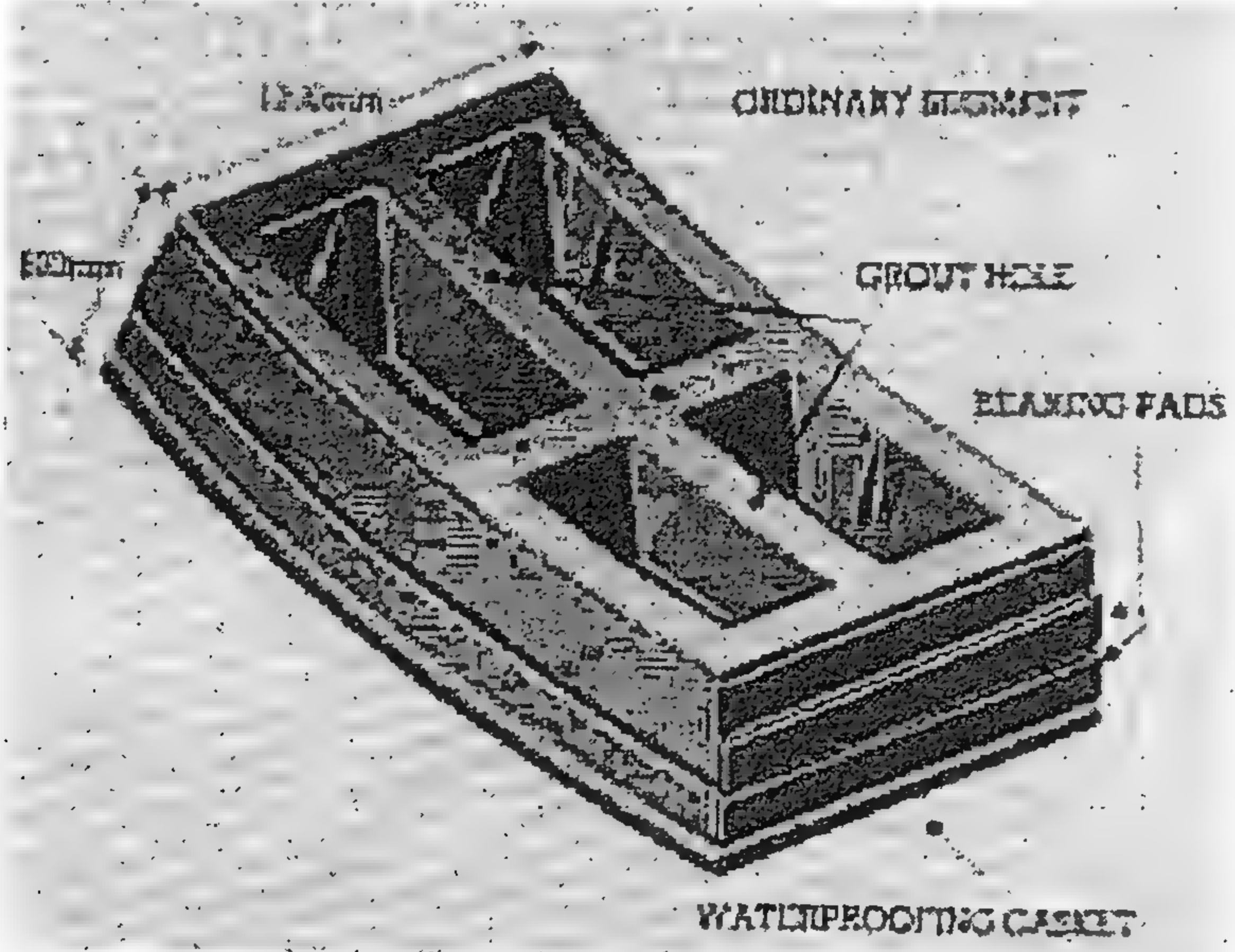
ثالثا : جسم النفق :

يتكون جسم النفق من حلقات دائرية سابقة الصب و هي التبتطين الرئيسي للنفق الذي يقاوم الأحمال الواقعة علي النفق - قطر هذه الحلقة من الداخل يساوي قطر النفق + ضعف سمك طبقة التبتطين - طول الحلقة يساوي ٦٠ - ١٠٠ سم . كل حلقة تتكون من عدة أجزاء Segments . يتم ربط هذه الأجزاء مع بعضها بواسطة مسامير بالصامولة لتكون حلقة دائرية ، كما يتم ربط هذه الحلقة مع الحلقات السابقة و الحلقات اللاحقة بالمسامير .

يجهز كل جزء بشريط مطاط يلصق علي جوانبه الأربعة لمنع رشح المياه . من خصائص هذا الشريط المطاط أن حجمه يزداد وينتفش عند تعرضه للمياه ، الأمر الذي يزداد من فاعليته لمقاومة الرشح .

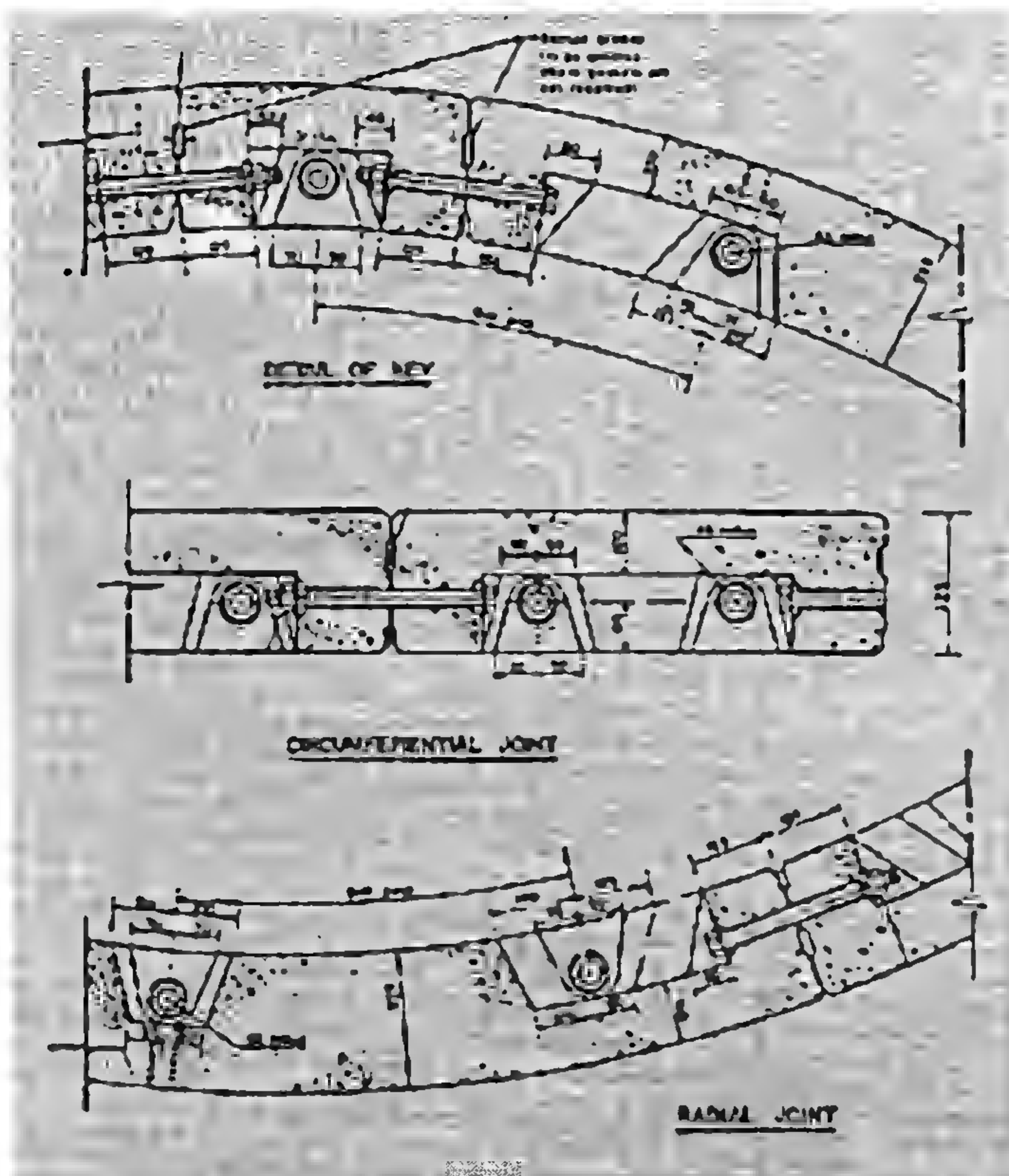
يترك في منتصف كل جزء ثقب قطره ٢" لأعمال الحقن .
تصنع الأجزاء من الخرسانة المسلحة عاليه الجودة - جهد لا يقل عن ٤٠٠ كجم /
سم ٢ - في فرم معدنية خاصة بالمصنع . كما يستخدم الأسمنت المقاوم للكبريتات .
أنواع الأجزاء الخرسانية :

١ - الأجزاء الخرسانية المقواة بالأعصاب Ribbed R.C Segments :
يصنع الجزء الخرساني - شكل (٤) - من جزء مصمت مواجه للتربة مع التقوية
بالأعصاب جهة النفق . يتميز هذا النوع بقله كمية الخرسانة مع خفة الوزن .

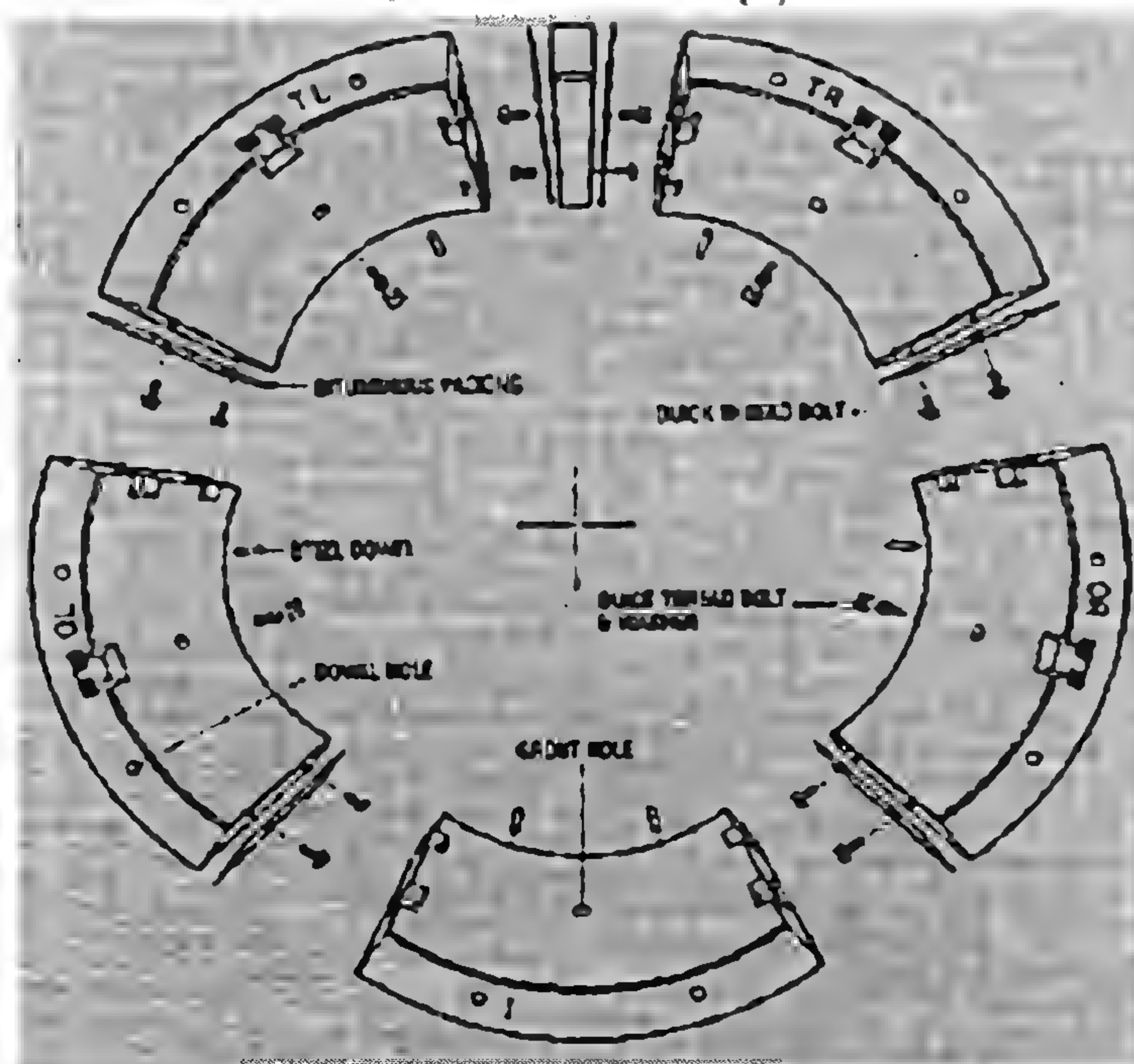


شكل (٤) الحلقات الخرسانية المكونة لجسم النفق

٢ - الحلقات الخرسانية المصمتة :
يكون جزء الخرسانة مصمت شكل (٥) - تنشأ به فراغات لوضع مسامير الرباط و
تستخدم رقائق بيتومينية بين الأجزاء لمقاومة الرش.



شكل (٤) تفاصيل الحتقات الخرسانية



شكل (٥) الحلقات الخرسانية المصممة

٣ - الحلقات المعدنية :

تصنع من الزهر المرن أو من الصلب - مقواة حول المحيط بأعصاب معدنية و تماثل الأجزاء في النوع الأول و هي نادرة الاستعمال - شكل (٩).

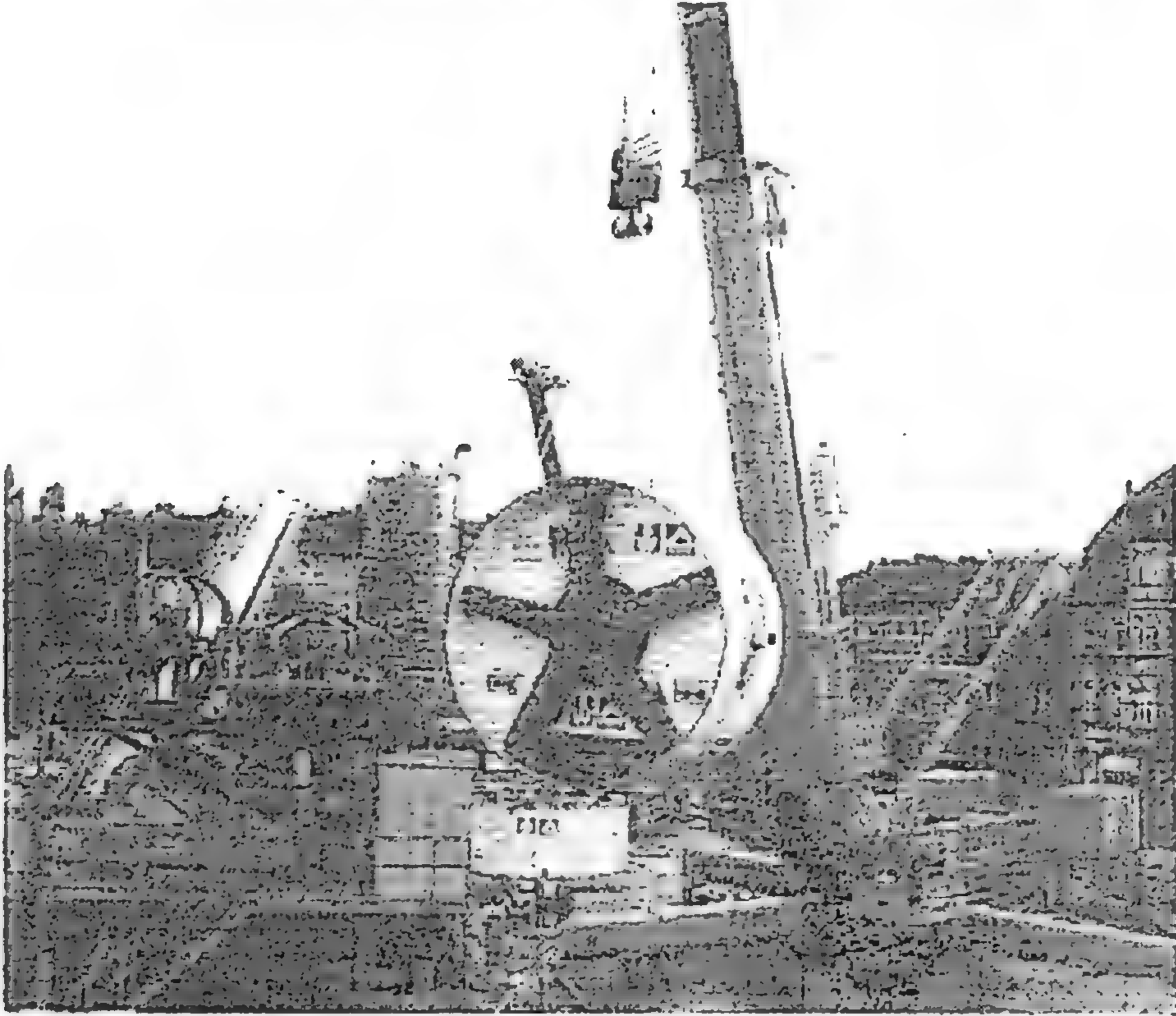
رابعاً : ماكينة الحفر : Tunnel Boring Machine (T.B.M).

تتكون ماكينة الحفر من الأجزاء الآتية :

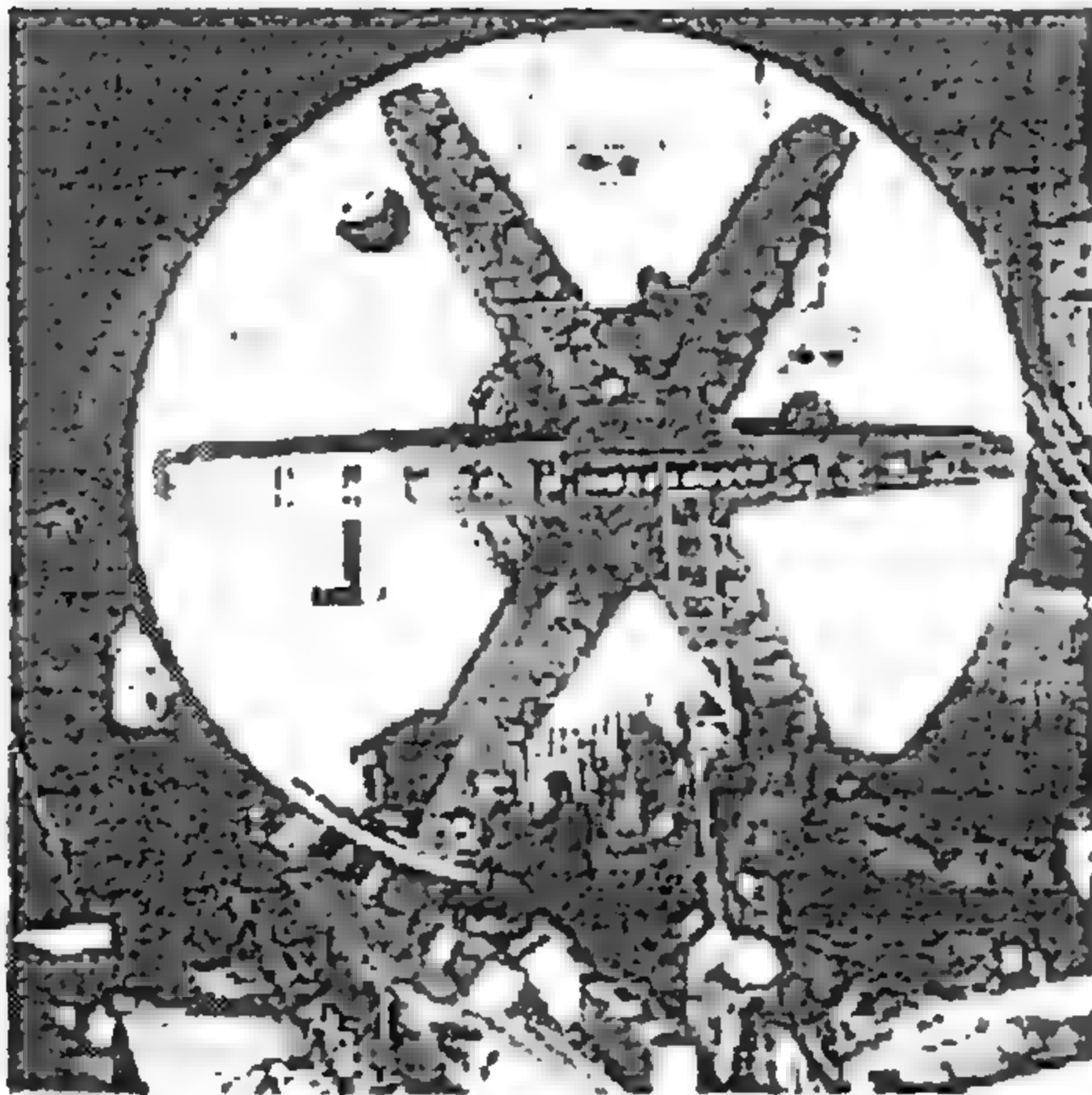
١ - الدرع الأمامي Shield :

الجزء الأمامي من الدرع عبارة عن مروحة قاطعة مزودة بأسنان قوية - تدور بسرعه ٢ لفة / دقيقة . يضغط الجزء الأمامي من الدرع (المروحة) بقوة كبيرة علي واجهة الدرع (علي الأرض الطبيعية) أثناء العمل ، الأمر الذي يؤدي الي هروب مياه الرش لمسافة ما أمام المروحة القاطعة . عند دوران المروحة تتفكك التربة و تختلط بالمياه . يتم ضخ الروبة المتكونة بواسطة المضخات الي الخارج . شكل (٦) .
تدخل هذه الروبة الي خزانات فصل البنتونايت حيث يتم فصل البنتونايت عن الأتربة لإعادة استخدامه.

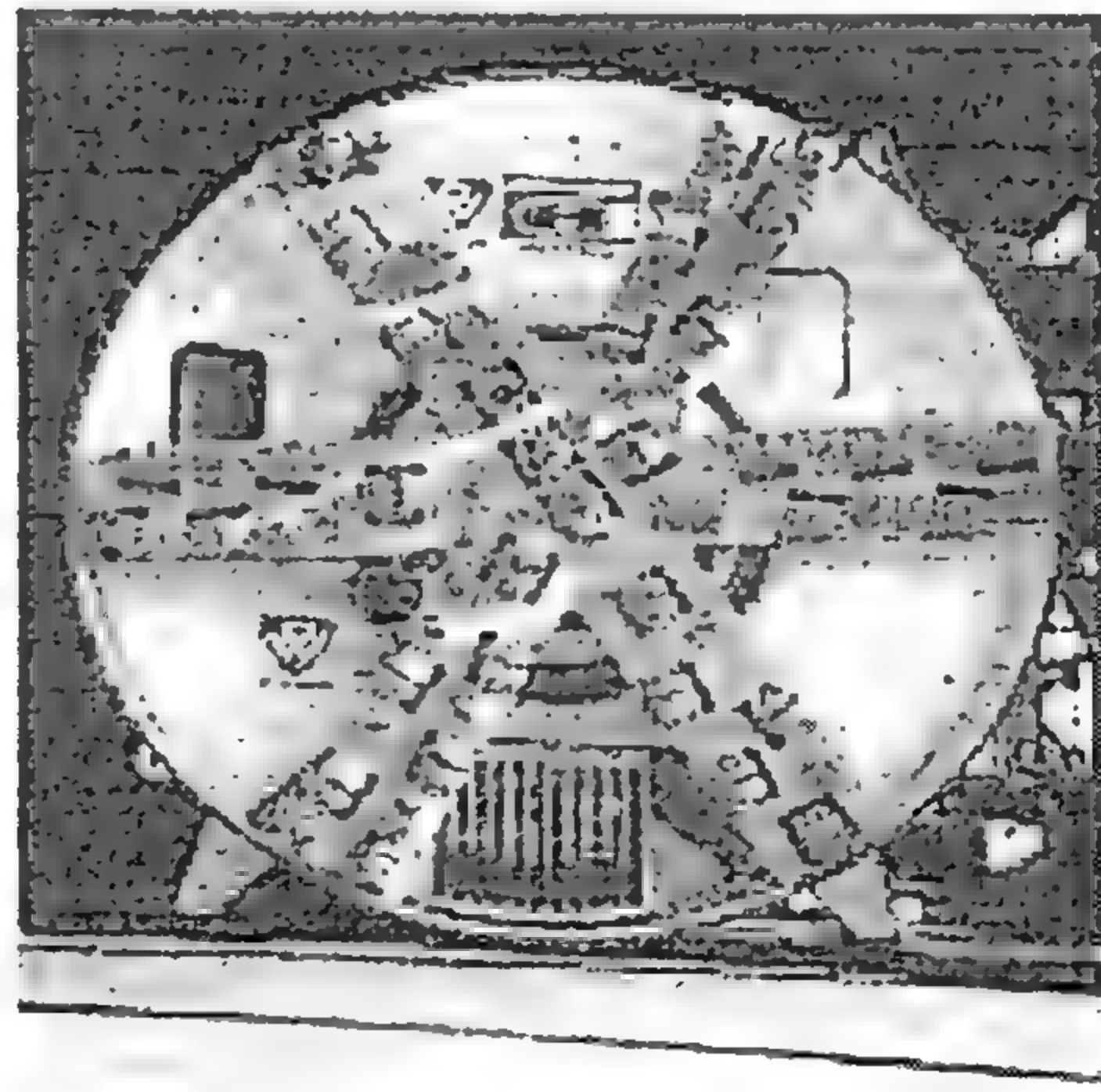
Powerful Machines for Transportation Tunnels



Machine for Duisburg Metro, 5.52m D.B.



Cutting wheel for Löhle Metro, 7.75m D.B.

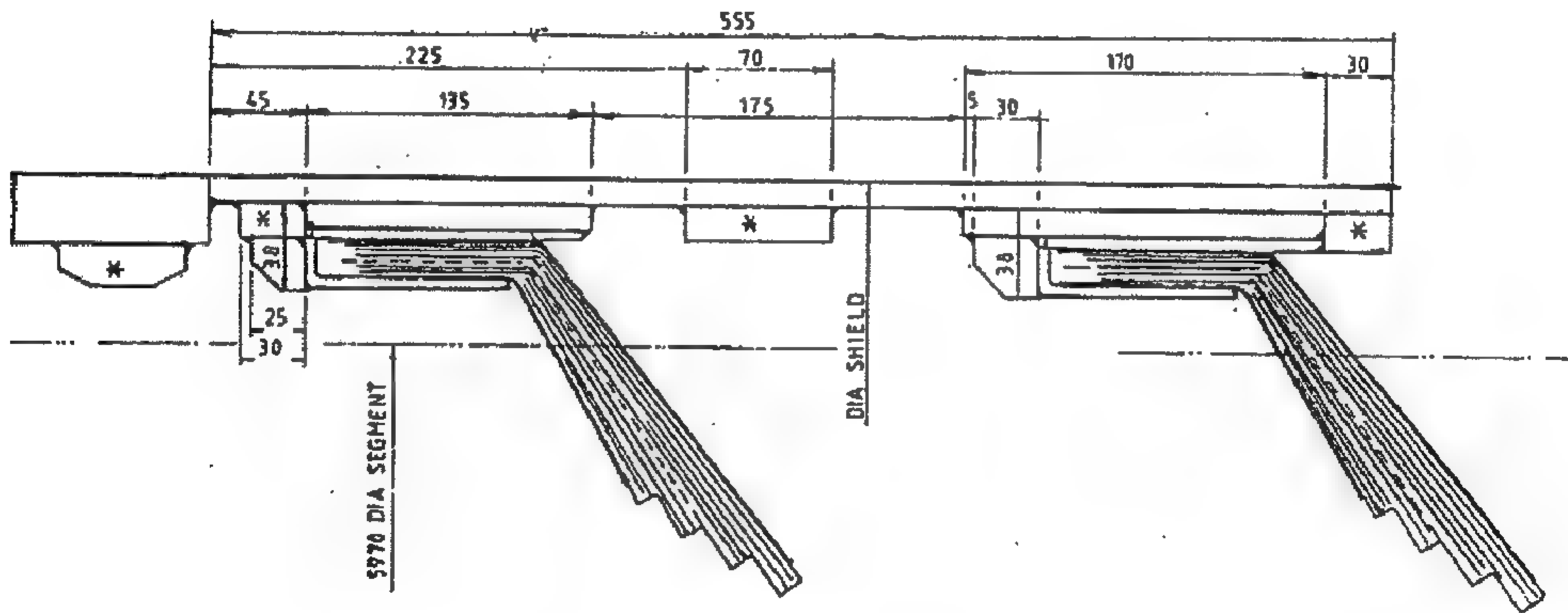


Cutting wheel for Duisburg Metro, 5.52m D.B.

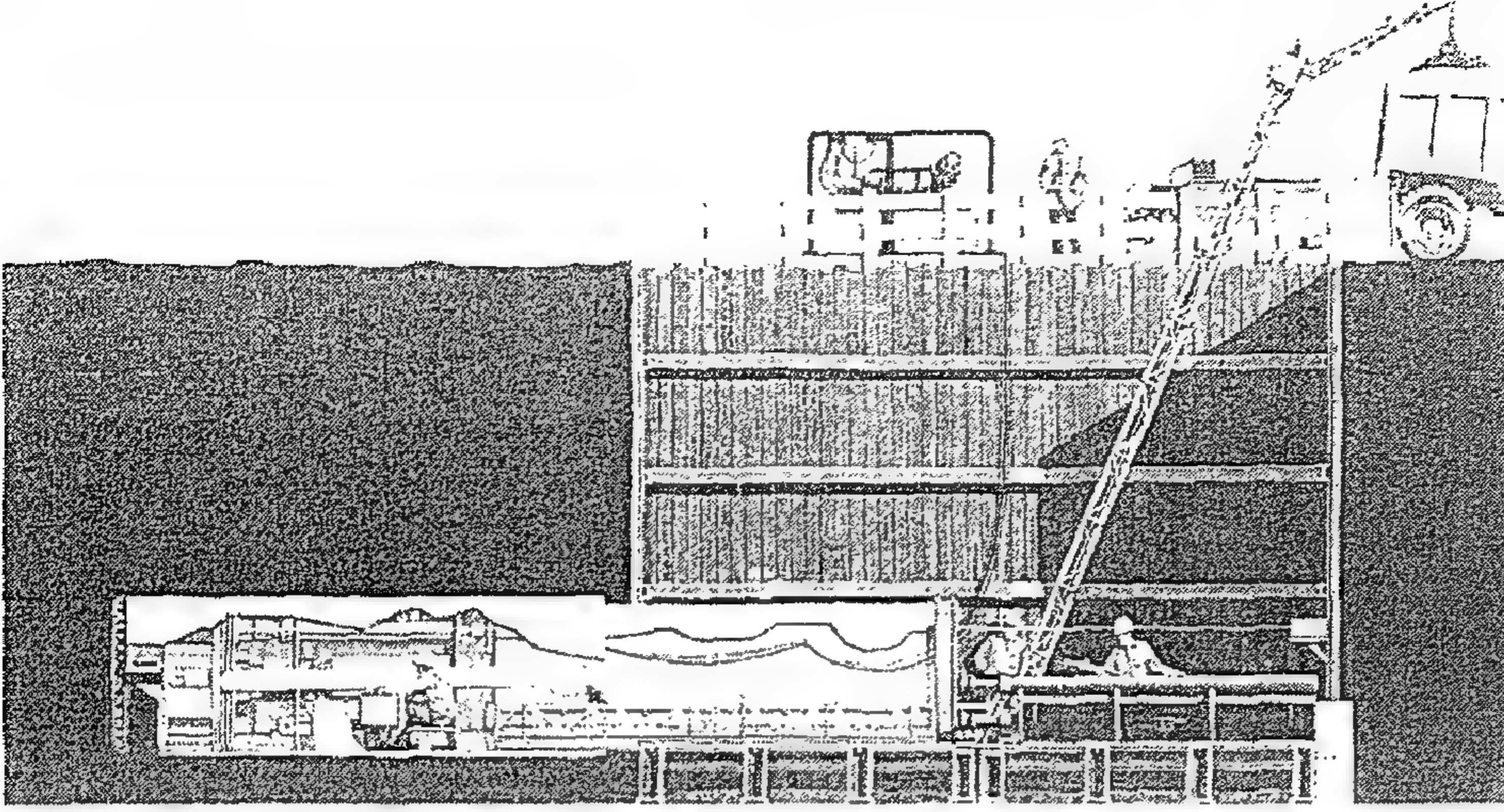
شكل (٦) أشكال مقدمة الحفارات المختلفة

ملاحظات :

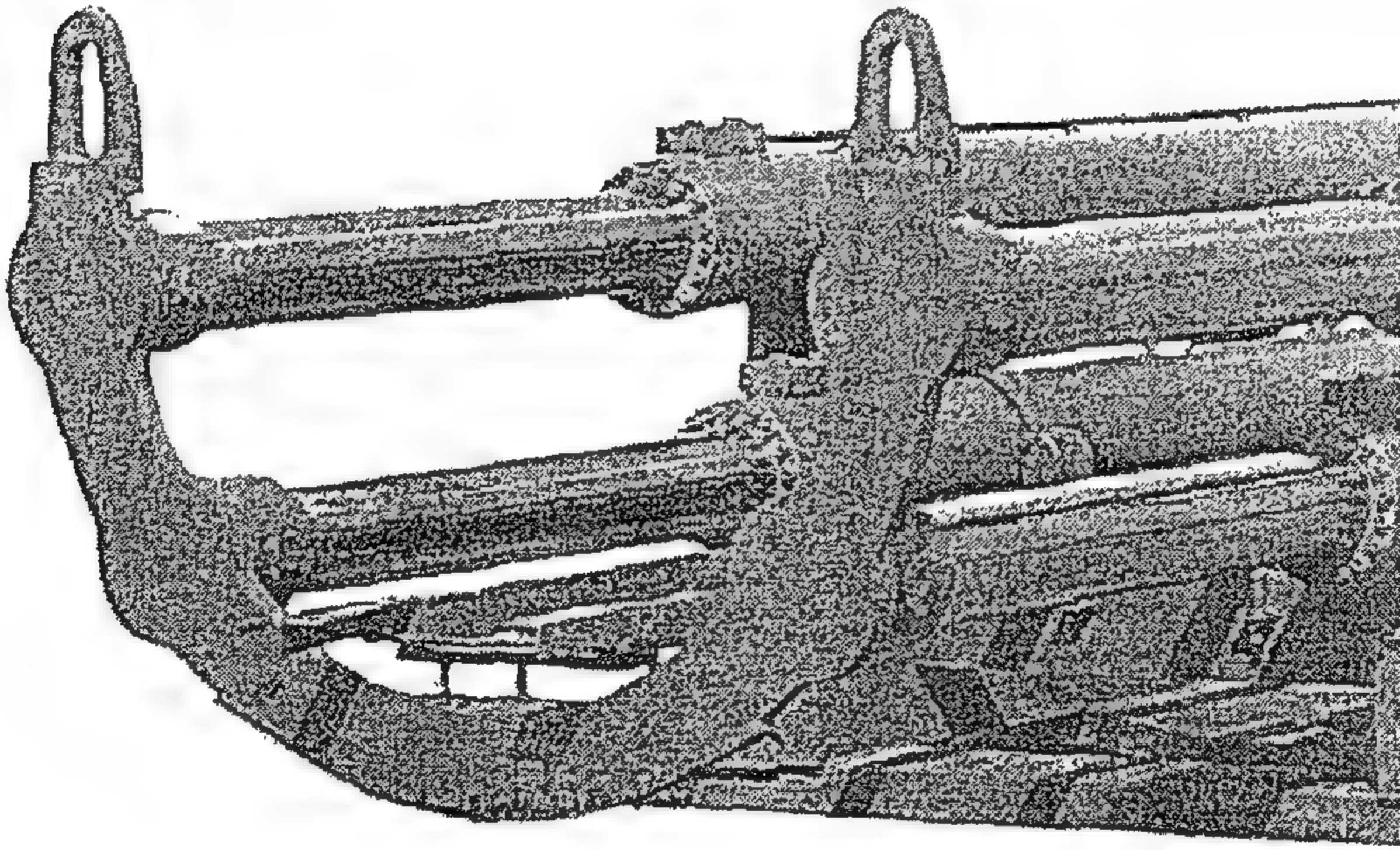
- ٢ - يزود الدرع من الخارج و علي دائرة محيطه بفرشاة سلك ملحومة به
و مغطاة بمادة جيلاتينية - شكل (٧) ، وظيفتها منع رشح المياه أو مواد
الحقن من الدخول الي داخل منطقه العمل.
- ٣ - يكون الجزء الأمامي من الدرع تحت تأثير الهواء المضغوط أما باقي الماكينة
فتحت تأثير الضغط الجوي العادي مما يكون له الأثر الأكبر في سهولة العمل
و زيادة معدلات التنفيذ.
- ٤ - تزود الماكينة بأنظمة تهوية للتخلص من الأتربة و تجديد الهواء باستمرار ،
كما تزود أيضا بنظام للأنارة و نظام آخر للاتصالات بين الداخل و الخارج
لتسهيل العمل.
- ابع العمل - شكل (٨).



شكل (٧) الفرش المركبة بين ذيل الدرع وجوانب التربة



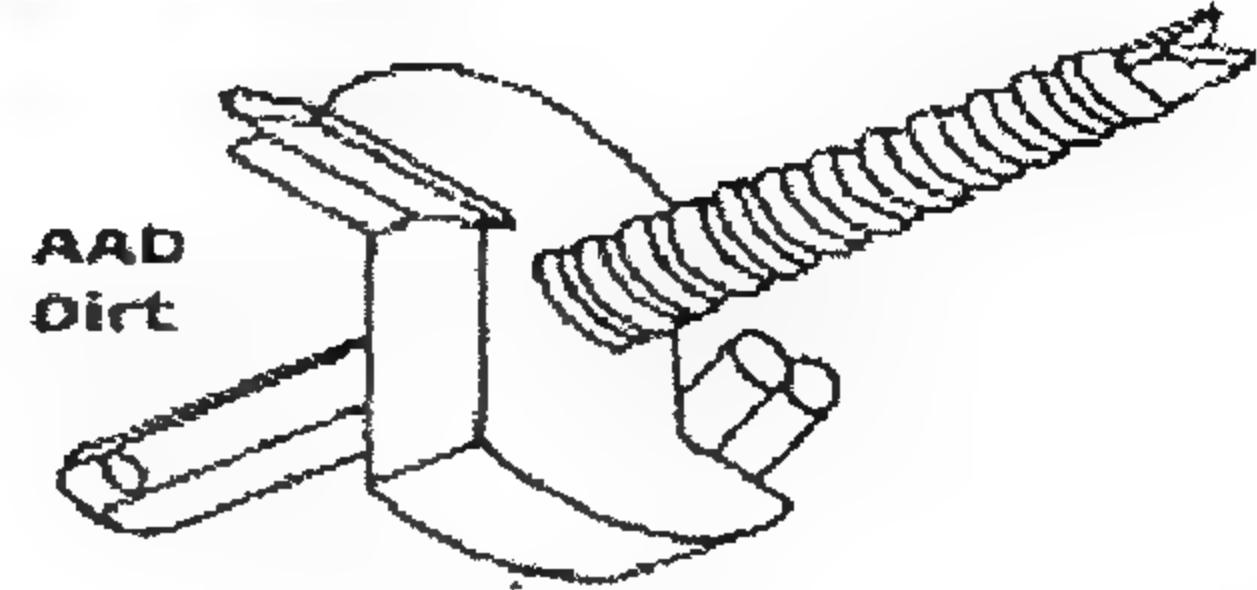
مخطط يبين تتابع العمل في النفق أثناء إنشاء



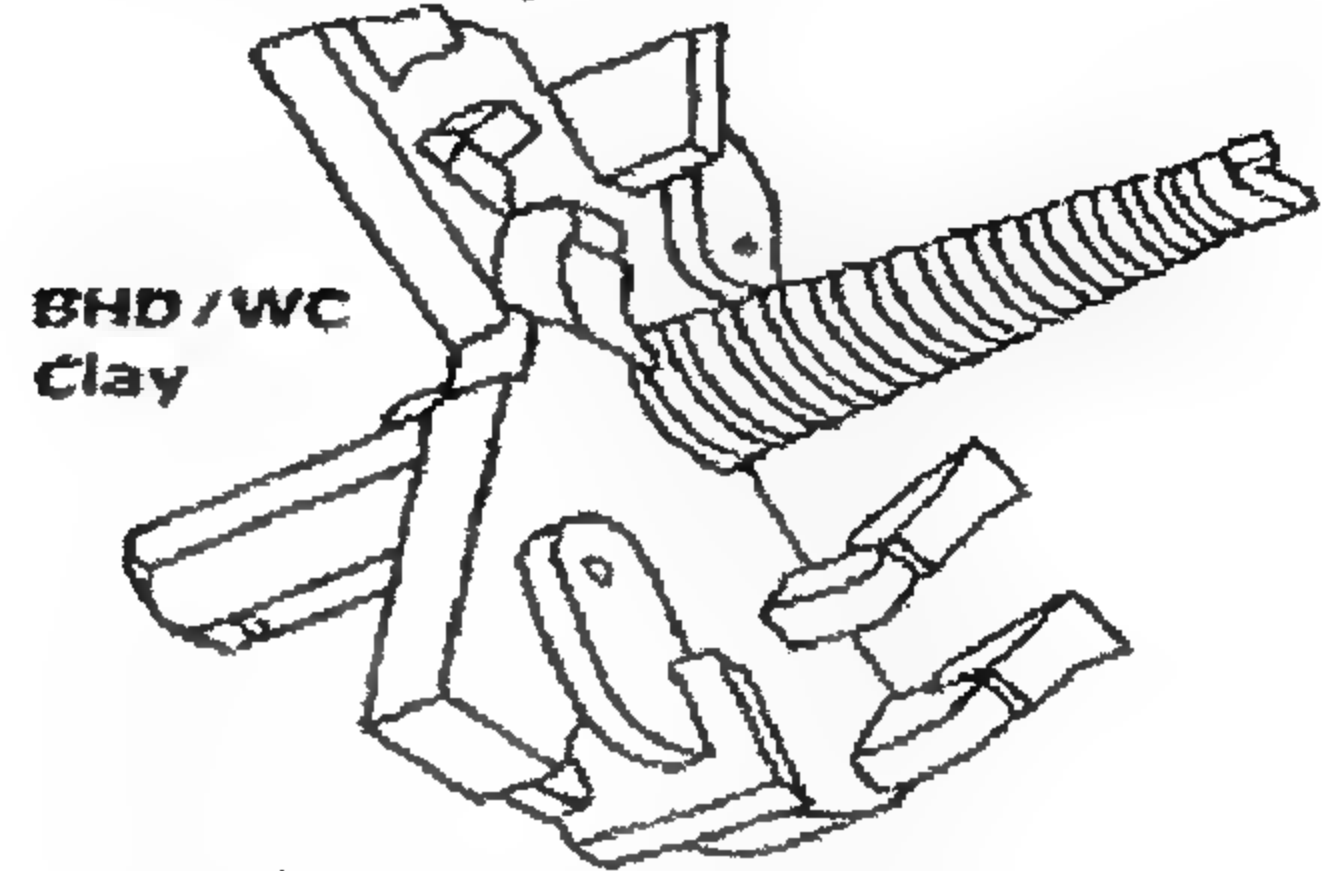
شكل (٨) الروافع الهيدروليكية مع الأطار الأمامي (الديافرام)

CUTTING HEADS

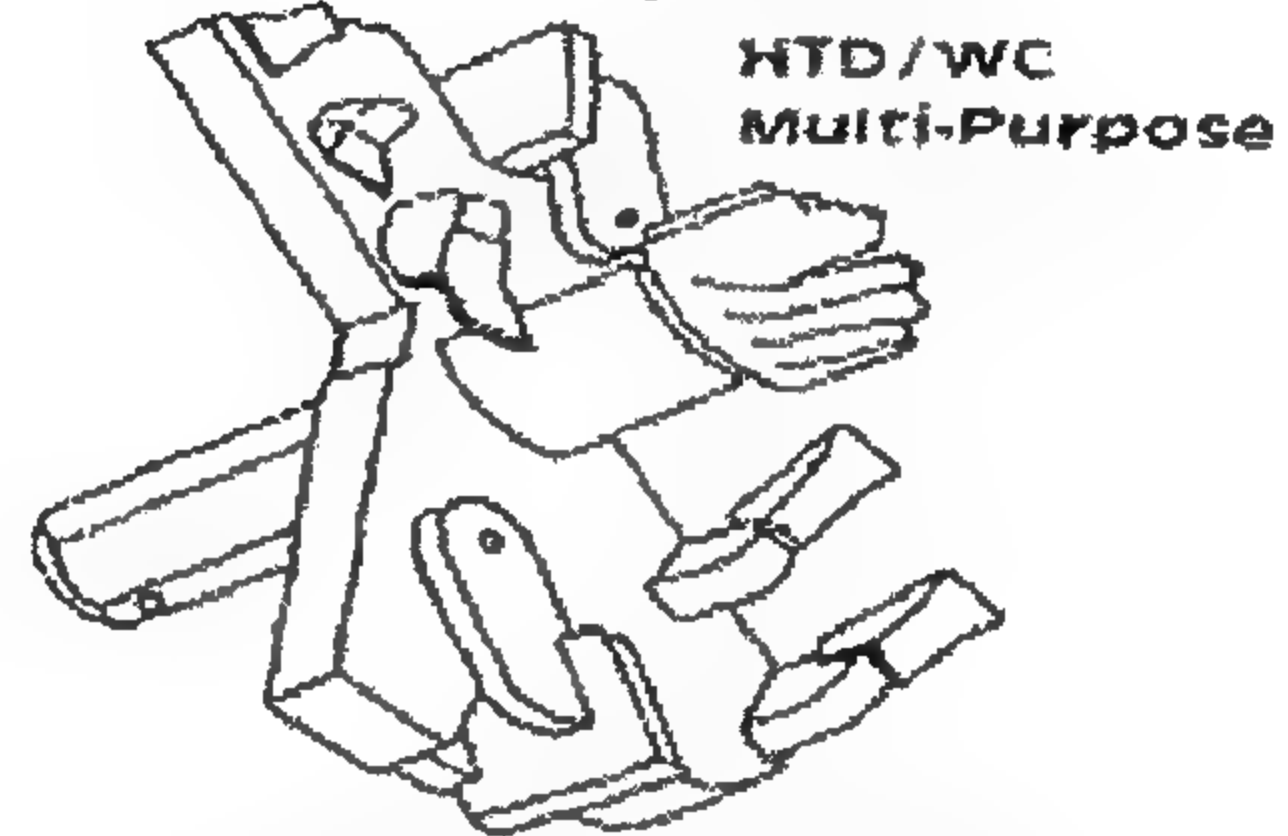
العمل في الطبقات اللينة - الطينية والردم



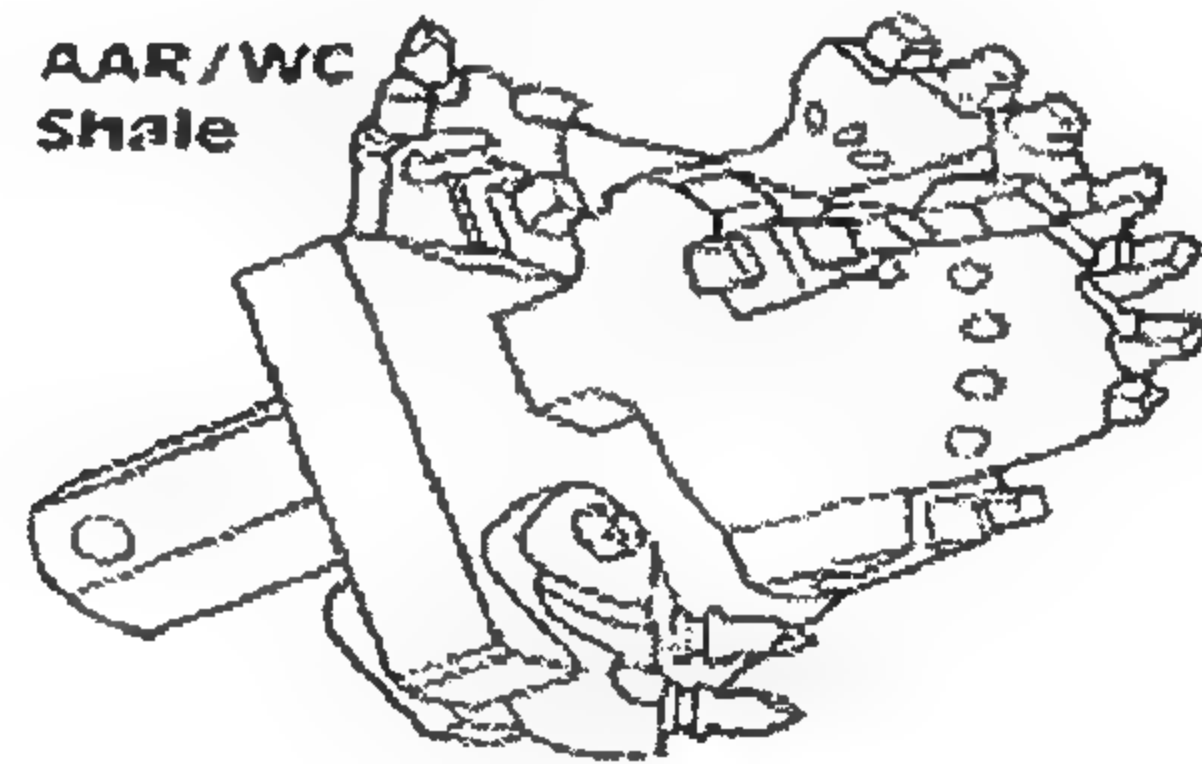
العمل في التربة الطينية



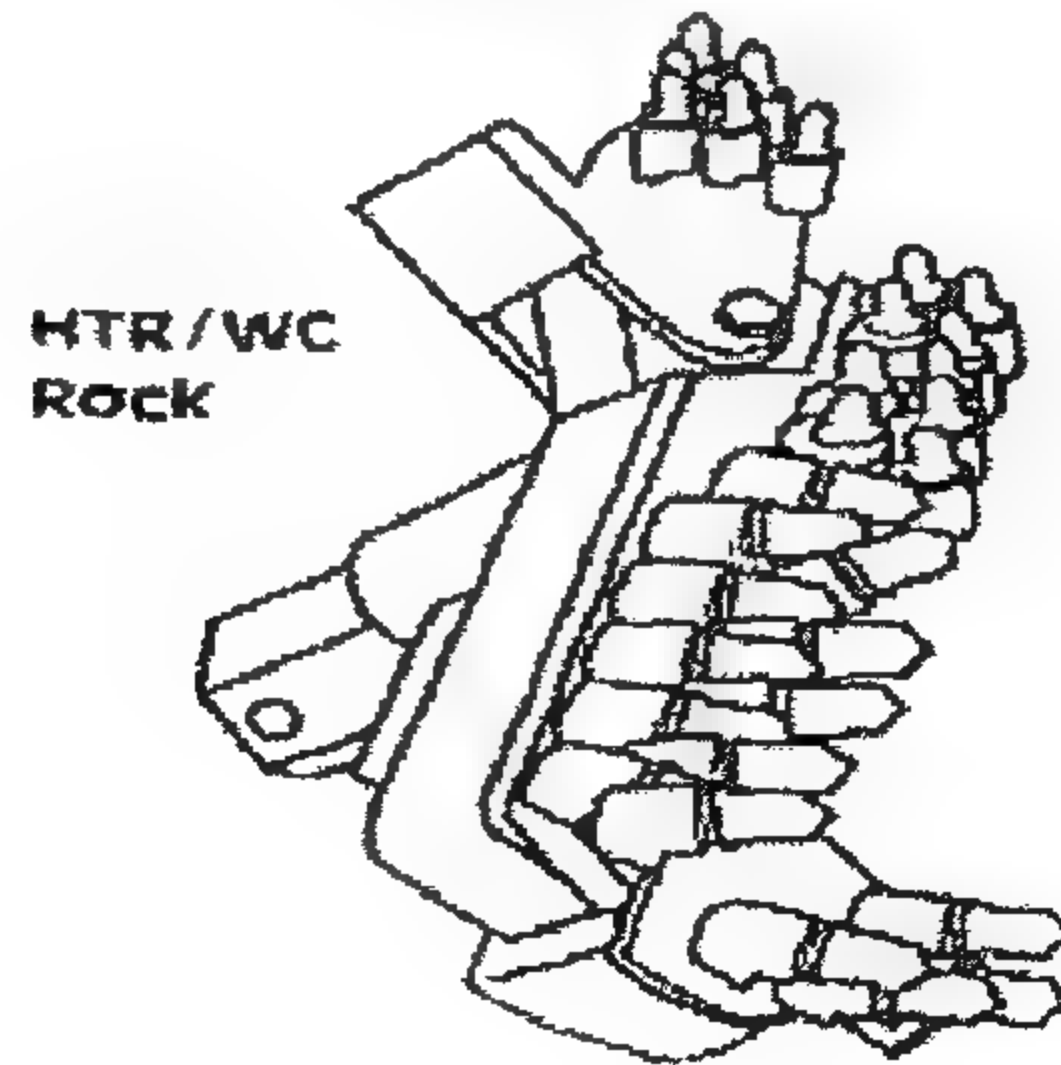
تعمل في التربة الرملية و الطينية
والعادية



تعمل في الأراضي اللينة

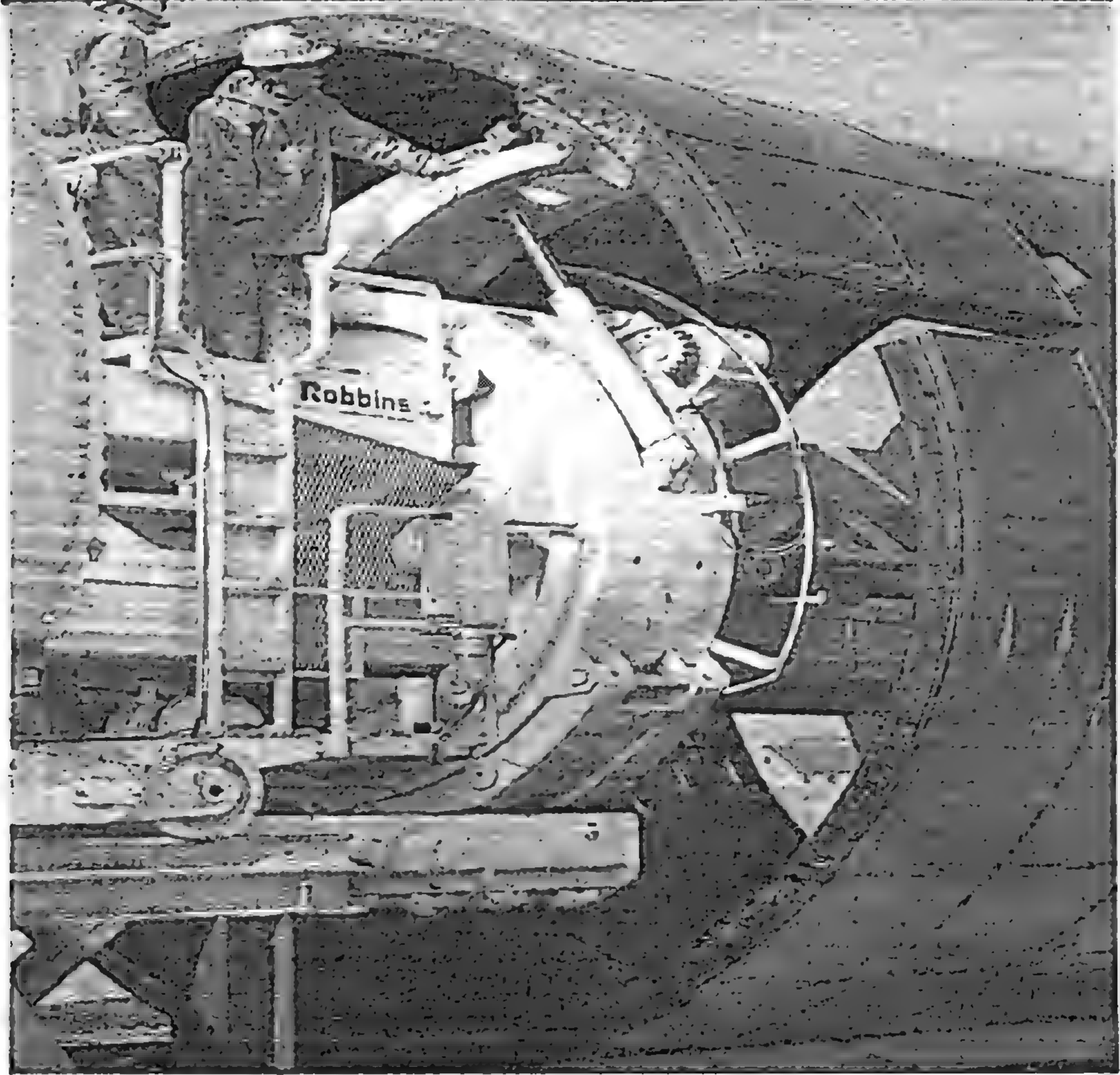


تعمل في التربة الزلطية و الصخرية حتي
صلادة ٦٠٠٠ باوند / بوصة مربعة



شكل (٨) مقدمة الحفارة - السكاكين القاطعة

٢ - آلة تركيب الأجزاء الخرسانية Erector :



شكل (٩) منظر يبين آلة تركيب أجزاء النفق أثناء العمل - الصورة تبين القطع من الزهر المرن أثناء التركيب - القطع الخرسانية مماثلة . يجب أن تكون هذه الآلة خلف درع الحفارة تتواجد هذه الآلة خلف الدرع . و تقوم برفع الأجزاء الخرسانية Segments الي مكان تركيبها حيث يقوم العمال بتربيطها بالمسامير الصلب مع الأجزاء الأخرى مكونة حلقة و كذلك تربيط هذه الحلقة في الحلقة السابقة - شكل (٩) .

٣ - مقطورات الخدمة :

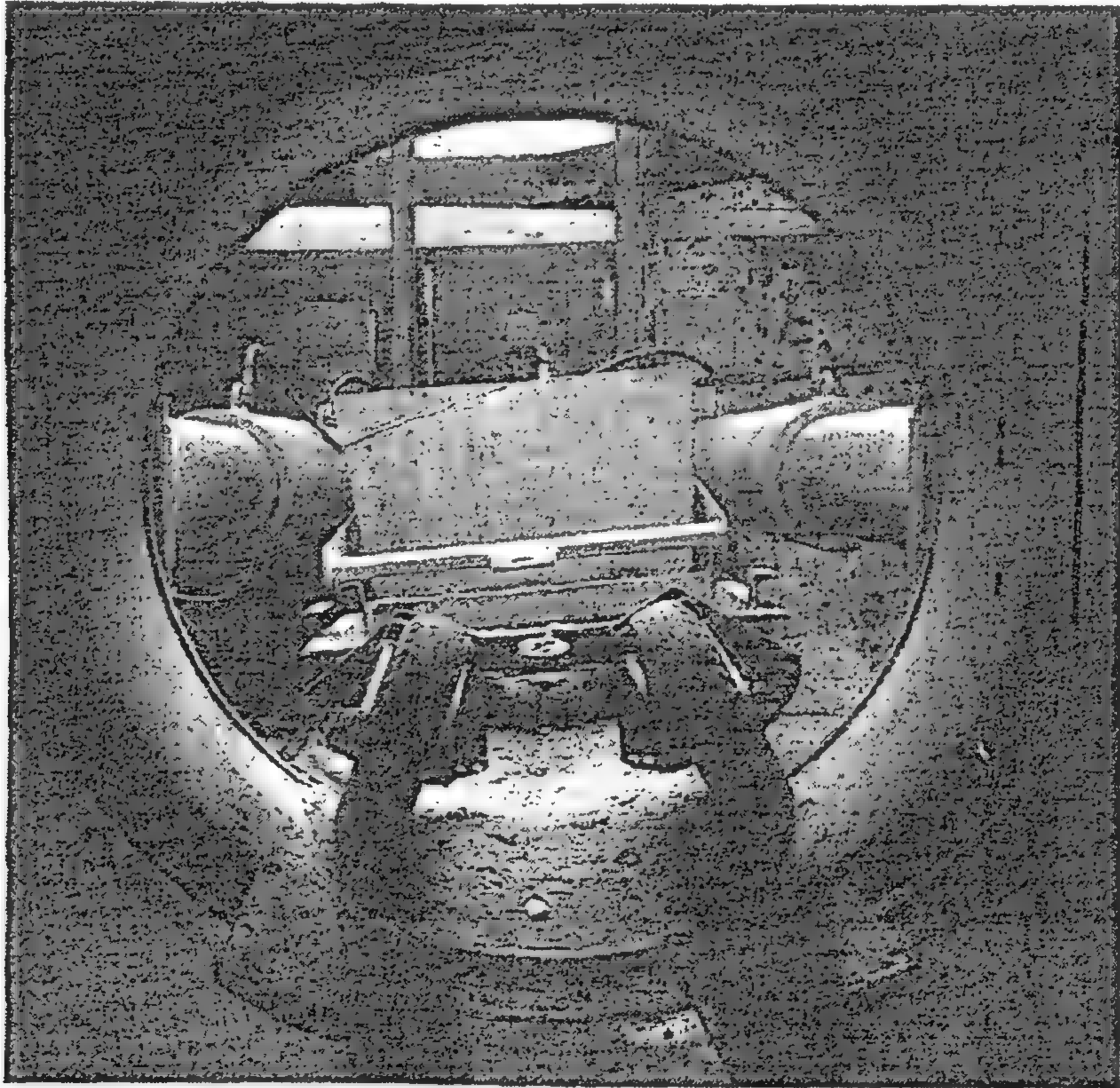
و هي من ملحقات ماكينة الحفر تسير معها كل خطوة و هي ٤ مقطورات :
المقطورة الأولى : تحمل السير الناقل للأجزاء الخرسانية الي آلة التركيب .

المقطوره الثانية : و تحتوي علي طلببات الترويب التي تدفع البنتونايت الي أمام الدرع
كما تحتوي علي طللبة الروبة التي تدفع خليط التربة و البنتونايت
الي الخارج - نظام الحفر بالترويب .

المقطوره الثالثة : تحتوي علي طلببات ضغط الزيت و التي تدفع الزيت الي المكابس.
المقطوره الرابعة : و تحتوي علي ضواغط الهواء و معدات الحقن .

٤ - عربات نقل الأتربة Muck Wagons :

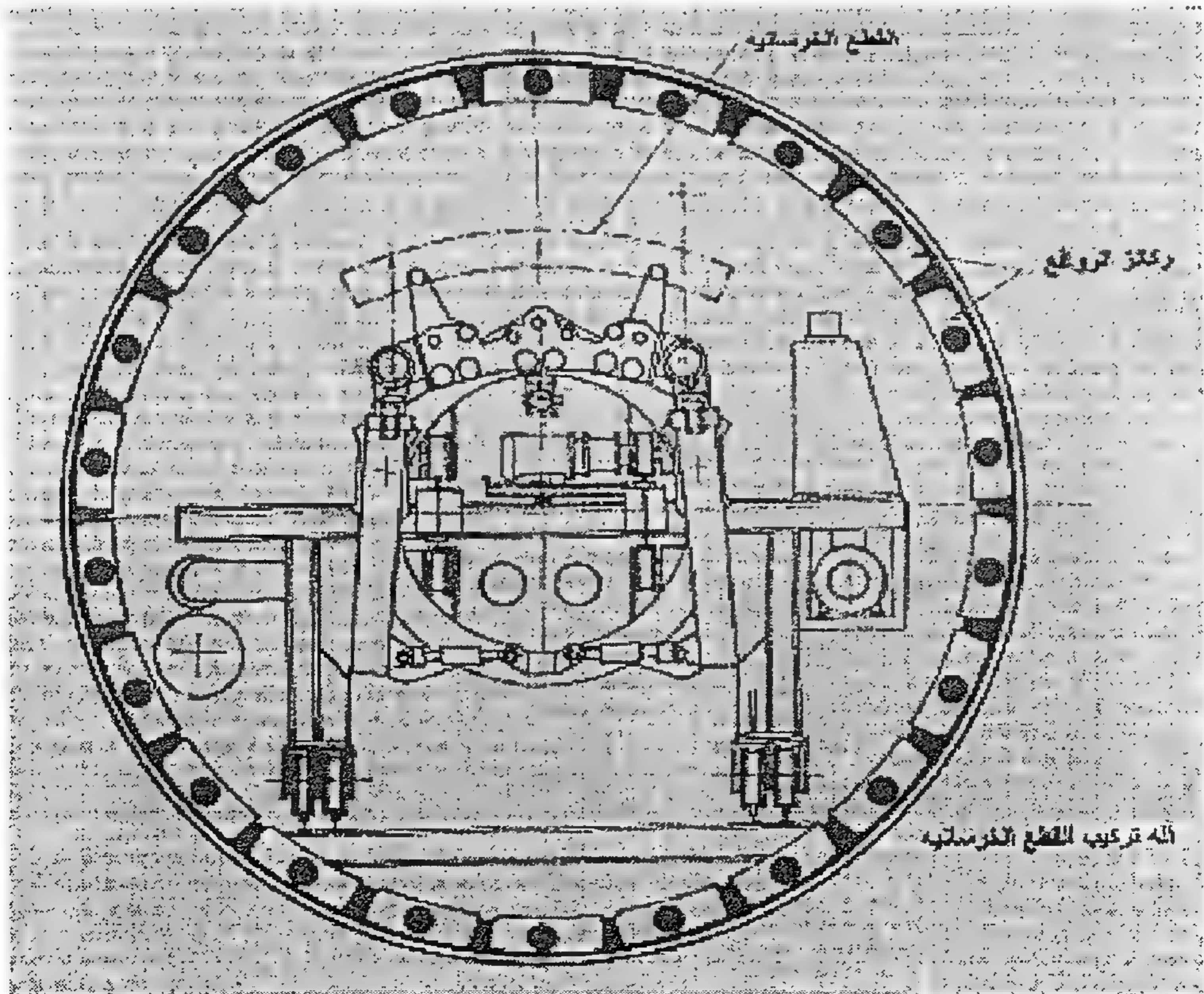
تقوم هذه العربات بنقل الأتربة الناتجة عن الحفر من داخل النفق الي الخارج . كما
تقوم - في بعض الحالات - بنقل الأجزاء الخرسانية الي الداخل الي آلة التركيب .
تسير هذه العربات علي قضبان حديدية موضوعة علي البدن الخرساني للنفق و يقوم
بدفع هذه العربات و تشغيلها قاطرة صغيرة تعمل بالبطاريات أو بواسطة العمالة
اليديوية - كما يمكن أن تسير علي عجلات كاوتشوك - بشكل (١٠) .



شكل (١٠) عربة نقل الأتربة من داخل النفق الي الخارج

٥ - روافع الدوران Steering jacks

الدرع مزود بمكابس هيدروليكية مثبتة علي المحيط الداخلي له ، و أقصى أنفراج لها أكبر قليلا من عرض الحلقة الخرسانية ، و الطرف الآخر مثبت علي حلقة معدنية دائرية Diaphragm . هذه الحلقة ترتكز علي آخر حلقة خرسانية تم تركيبها بالنفق . فائدة هذه الروافع هو تصحيح مسار النفق أثناء التشغيل ، فقد يبدأ النفق في الانحراف عن المسار المحدد فيقوم قائد الحفارة بتشغيل هذه الروافع لتصحيح المسار . تعمل هذه المكابس أثناء عملية الحفر . ترتكز علي آخر حلقات تم تركيبها بالنفق ، فتدفع الدرع الي الأمام الي آخر أنفراج لها ثم تتكمش تاركة فراغ بين آخر حلقة خرسانية والحلقة المعدنية الدائرية يساوي عرض الحلقة الخرسانية الجديدة . يتم بناء الحلقة و رباطها بالمسامير ثم تعاود المكابس عملية الدفع مرة أخرى علي الحلقة الجديدة - شكل (١١) .



شكل (١١) الروافع المساعدة داخل المحيط الخارجي لدرع الحفارة

خامسا : الحقن خلف جسم النفق :

مواد الحقن :

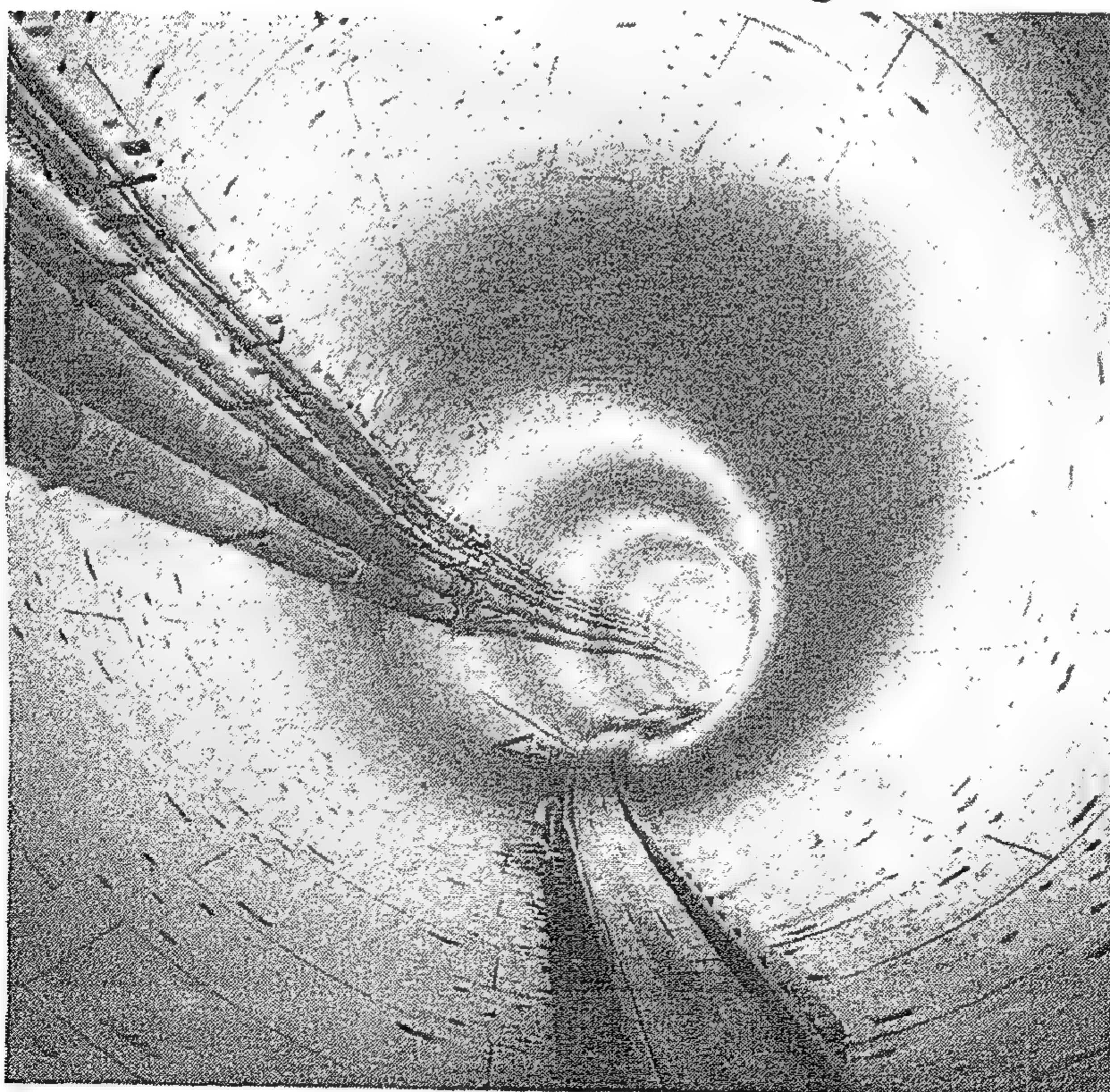
تكون مواد الحقن من الأنواع الآتية :

١ - خليط بودرة حجر جيرى (١٢٠٠ كجم) + بنتونايت (٧٥ كجم) + أسمنت مقاوم للكبريتات (٣٠٠ كجم).

٢ - بنتونايت فقط.

٣ - حقن زلط مقاس ٦ - ١٠ مم Pea Gravel أولا حتي يستوعب الثقب أقصى كمية ممكنة ثم يتم حقن لباني الأسمنت بعد ذلك فيملأ الثقوب ليتكون غلاف خرساني حول جسم النفق.

و للمصمم اختيار أنسب نوع من هذه المواد.



النفق بعد اكتمال الأعمال الاعتيادية - المواسير الظاهرة هي مواسير خدمة تنفيذ النفق وهي مواسير تغذية الهواء و مواسير ضخ شفط المياه و مواسير كابلات

طريقة الحقن :

توضع مواد الحقن بعد خلطها جيدا في وعاء الحقن ثم يغلق الوعاء . يضغط الهواء داخل وعاء الحقن لتتدفق مواد الحقن خلال خرطوم ضغط عالي واصلا الي مكان الحقن . ينتهي الخرطوم بماسورة يتم تثبيتها داخل ثقب الحقن . تعطي أشاره بالتليفون أو اللاسلكي الي رجل الحقن لتشغيل ضاغط الهواء و فتح صمام خروج مواد الحقن . و عندما يلاحظ عدم قبول مزيد من الحقن - تعطي إشارة بالتليفون للتوقف عن الحقن . يتم وضع سداة داخل الثقب لعدم خروج مواد الحقن الي الخارج .

سادسا : التبطين الداخلي للنفق :

تبطن الأنفاق بأحدي الطرق الآتية :

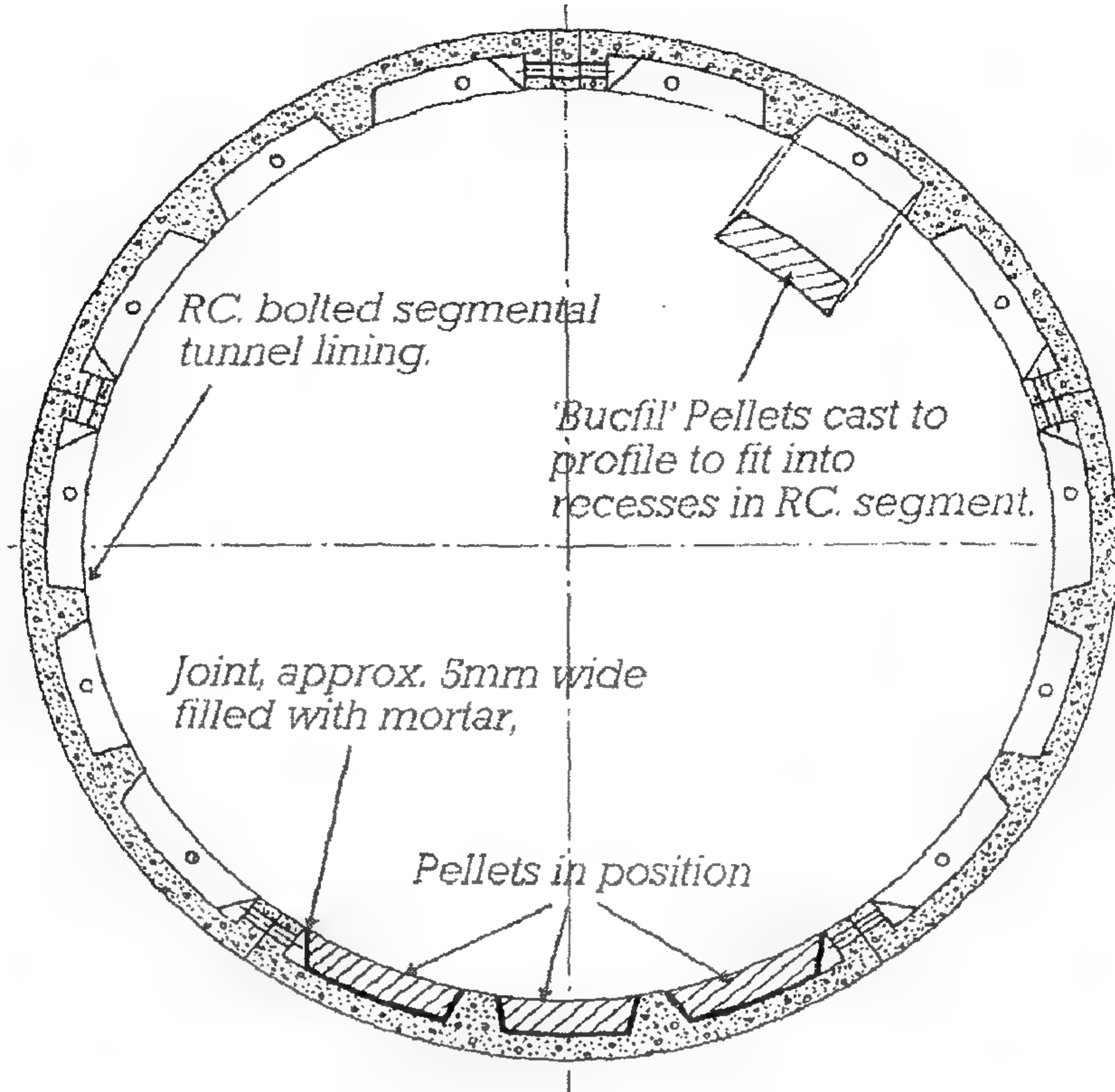
- ١ - تبطين بوحدات سابقة التجهيز .
- ٢ - تبطين ببلوكات سابقة الصب من الخرسانة .
- ٣ - تبطين بالطوب الأزرق (حالة أستخدام النفق في الصرف الصحي) .

١ - التبطين بوحدات سابقة التجهيز :

و هي عبارة عن قطع من الخرسانة المسلحة السابقة الصب و يمكن أن تكون من الزهر المرن - و تستعمل عادة في الأنفاق المستديرة - و يتم رباطها معا بمسامير خاصة كما يوضع حلقة مطاطية مبططة بين هذه الحلقات لمقاومة رشح المياه من خارج النفق الي داخله (مثل طريقه الأنفاق المجزأه) .

٢ - التبطين بالخرسانة :

تستخدم الفرع المعدنية سهلة الفك والتركيب لصب الخرسانات وتبطين النفق - شكل رقم (١٢) .

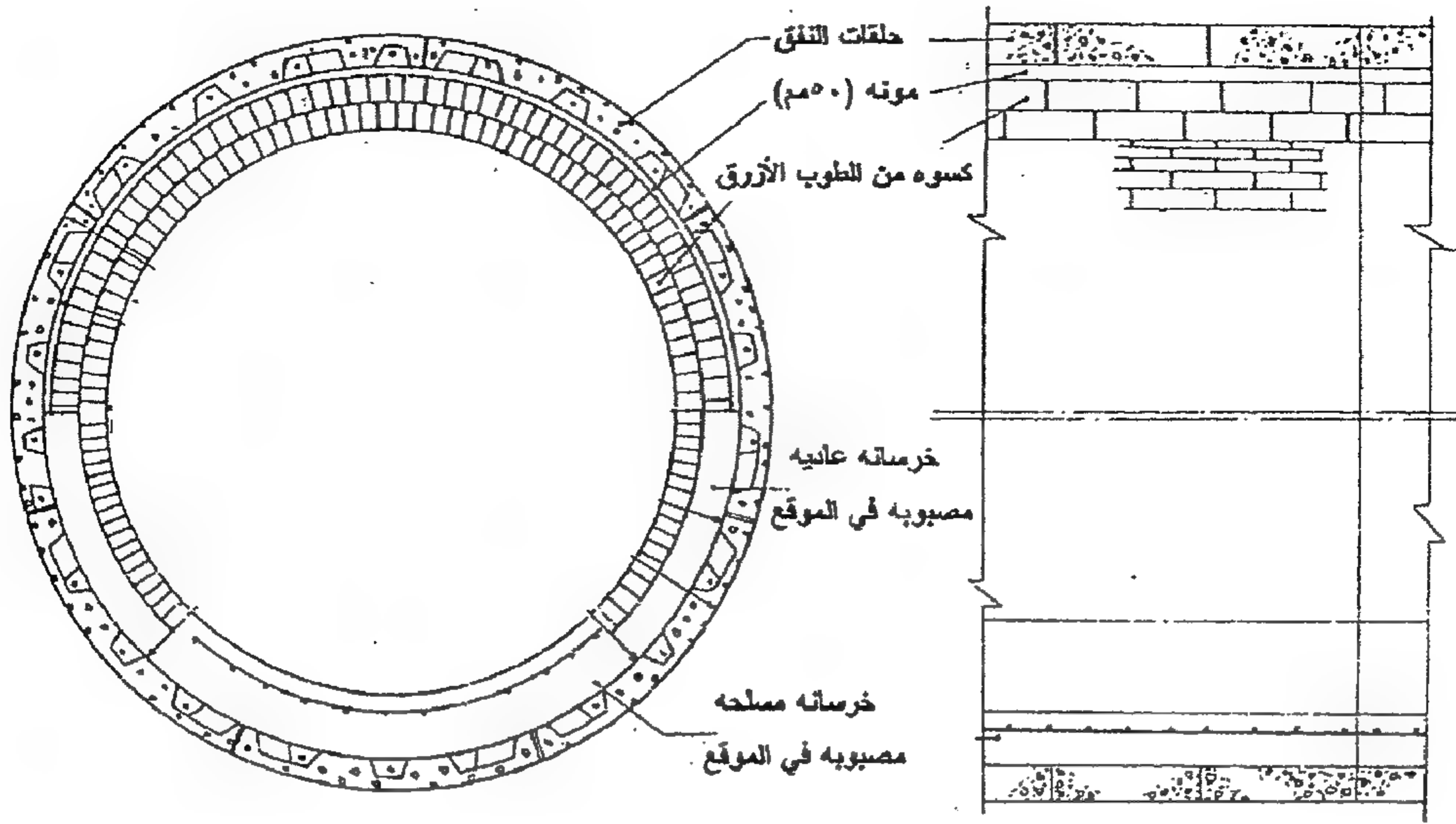


شكل (١٢) التبطين بالخرسانة

٣ - التبطين بالطوب الأزرق :

في أنفاق الصرف الصحي فقط ، تتم عملية التبطين بالطوب الأزرق حيث يعتبر الطوب الأزرق المقاوم للأحماض من أفضل الوسائل للعزل ضد مياه الصرف الصحي . و تجدر الإشارة الي أن أنفاق الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى قد تم تبطينها بالطوب الأزرق .

عادة يتم بناء الطوب الأزرق يغطي ٢٧٠ درجة من دائرة النفق العليا و الباقي يكون من الخرسانة المسلحة أسفل قطاع النفق . يتم عمل بياض مقاوم للكبريتات عليها . فبعد أتمام صب الجزء الأسفل يبدأ البناء بالطوب الأزرق . يفضل لصق شريط ورقي علي حافة الطوبة بدوائر محيطها بالإضافة الي وضع شرائح من البوليسترين بين الطوب لتسهيل ملء الفواصل بين الطوب بالأيوكسي المقاوم لمياه المجاري - قطاع الشرائح ٨ مم (عرض) × ٢,٦ سم (عمق) - شكل (١٣) .



شكل (١٣) التبطين الداخلي لنفق صرف صحي بالطوب الأزرق

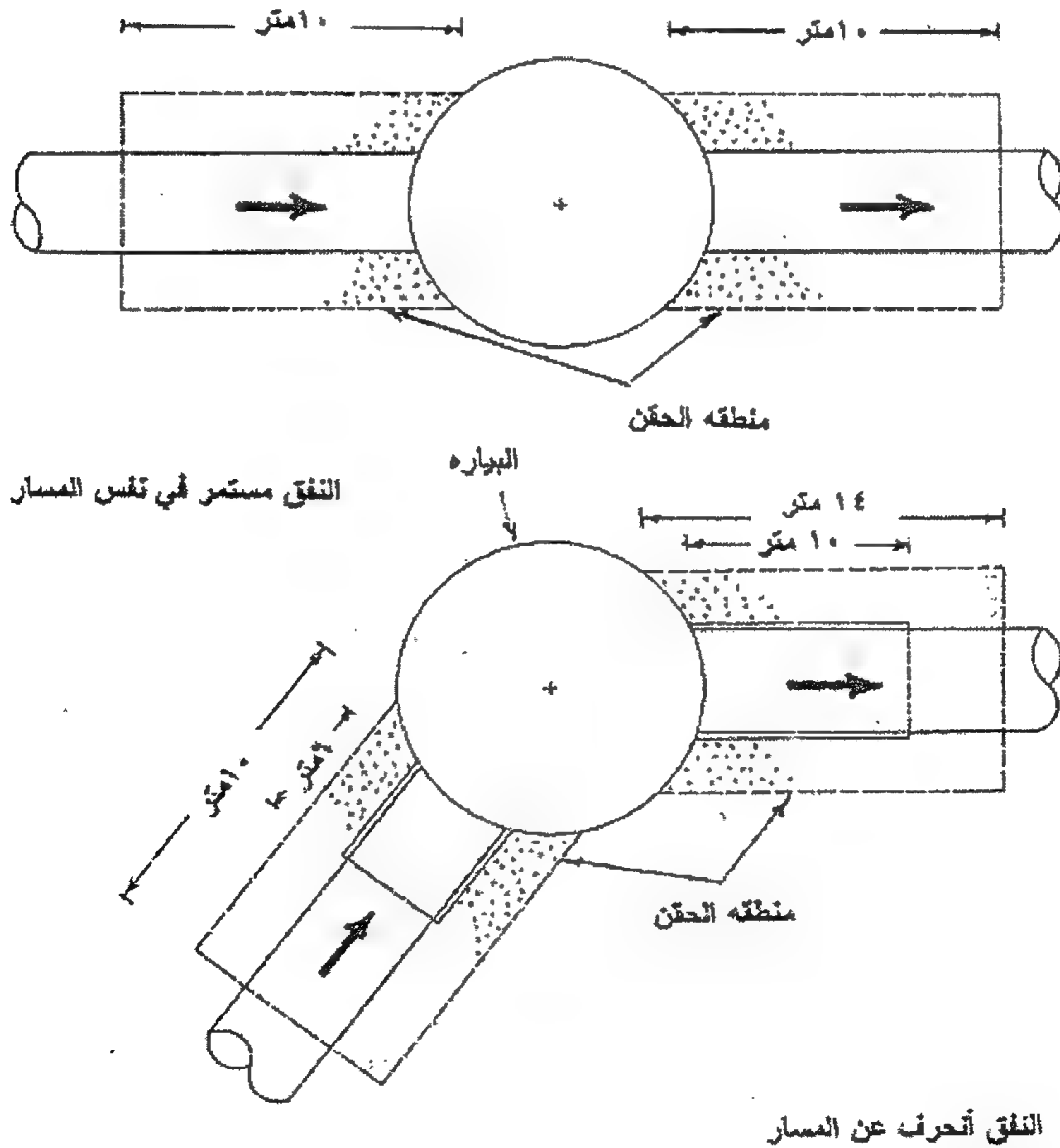
نبدأ عمل المباني باستخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات مع وضع الشرائح الرأسية بين الطوب . بعد نهو المباني تنزع الشرائح و ينظف مكانها تماما بالهواء ثم تملأ العراميس بمونه أيبوكسية مقاومة للأحماض مثل F.M.A. 151 (مواصفات الجهاز التنفيذي للصرف الصحي - أنفاق الصرف الصحي في القاهرة الكبرى) و تبطين الجزء العلوي من النفق يلزم عمل شدة معدنية بسيطة سهلة الفك للتمكين من حمل الطوب للجزء العلوي حتي تمام الشك . يبقى الجزء العلوي من التبطين (٤ طوبات) لم يمكن وضع مونة البياض خلفهما - لذا يتم عمل ثقوب في هذا الجزء ثم حقن لباني الأسمنت من خلالها ليملأ الفراغ بينها وبين النفق .

سابعاً : الأنفاق المساعدة Transition Chambers :

بعد إنشاء البئارة Shaft وعند الاستعداد لبدأ إنشاء النفق - يلاحظ أن أبعاد البئارة لا تستوعب معدات النفق و ملحقاته . لذا فإنه يتم إنشاء نفق صغير - قطره الداخلي يزيد ٣٠ سم عن القطر الخارجي للنفق الأصلي و طوله حوالي ٦ أمتار عند دخول النفق الأصلي الي البئارة . كما ينشأ نفق آخر بطول ١٠ متر بعد الخروج منها للتمكين من دخول وخروج معدات الحفر . ينشأ هذا النفق من أجزاء خرسانية و يتم تنفيذه

بدويا (الحفر وتركيب الحلقات) و باستخدام الهواء المضغوط - شكل (١٤) . عند نهاية النفق يتم صب سداة من المونة الخرسانية (جزء أسمنت : ٢٠ جزء رمل) لصلب التربة بسمك ٤٠ سم.

من الضروري أيضا حقن منطقة النفق المساعد لمنع رشح المياه الي الداخل (حول آخر حدود النفق بمسافه ٢ متر) . بعد تركيب معدات النفق و بدأ العمل و بعد أتمام بناء النفق الأصلي في هذا الجزء يتم حقن الفاصل بين النفقين - كما يتم معالجة و حقن ما بين حائط البيارة و بداية النفق لمنع أي رشح من الخارج ،



شكل (١٤) الأنفاق المساعدة

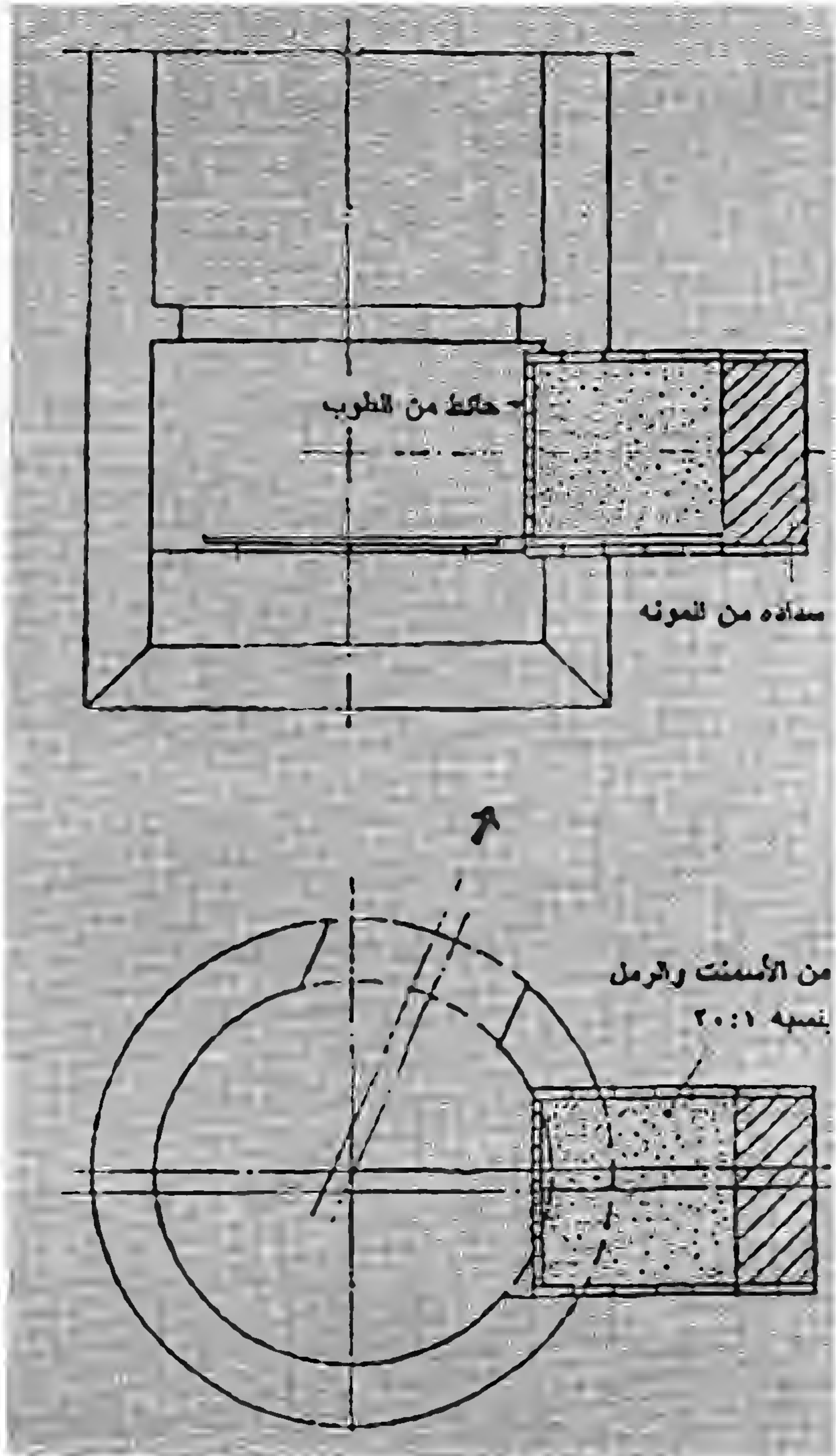
عند وصول النفق لموقع بيارة - علي مساره - فيمكن أن يكون هناك أحد الوضعين الآتيين :

١ - النفق مستمر في نفس المسار و علي استقامة واحدة : و في هذه الحالة لا يعمل أي أنفاق مساعده لا عند الدخول و لا عند الخروج . و يجب الردم داخل البئارة بمونة من الرمل + الأسمنت بنسبة (١ : ٢٠) مع الدمك والي ارتفاع فوق النفق الأصلي يساوي ضعف قطر النفق حتي يمكن لماكينة الأنفاق من أخترق حوائط البئارة و الردم داخلها دون أي عوائق كما لو لم تكن هناك بئارة.

٢ - النفق يغير من مساره بزوايه أنحراف : يتطلب الأمر في هذه الحالة بناء نفق مساعد بطول ١٠ متر عند الخروج من البئارة و نفق آخر عند الدخول بطول ٦ متر . كما يراعي حقن مناطق النفقين . يلاحظ في هذه الحالة القيام بفك الماكينة الي أجزاء ثم إعادة تركيبها في نفس البئارة في اتجاه الخروج .
خطوات تنفيذ النفق :

المرحلة الأولى :

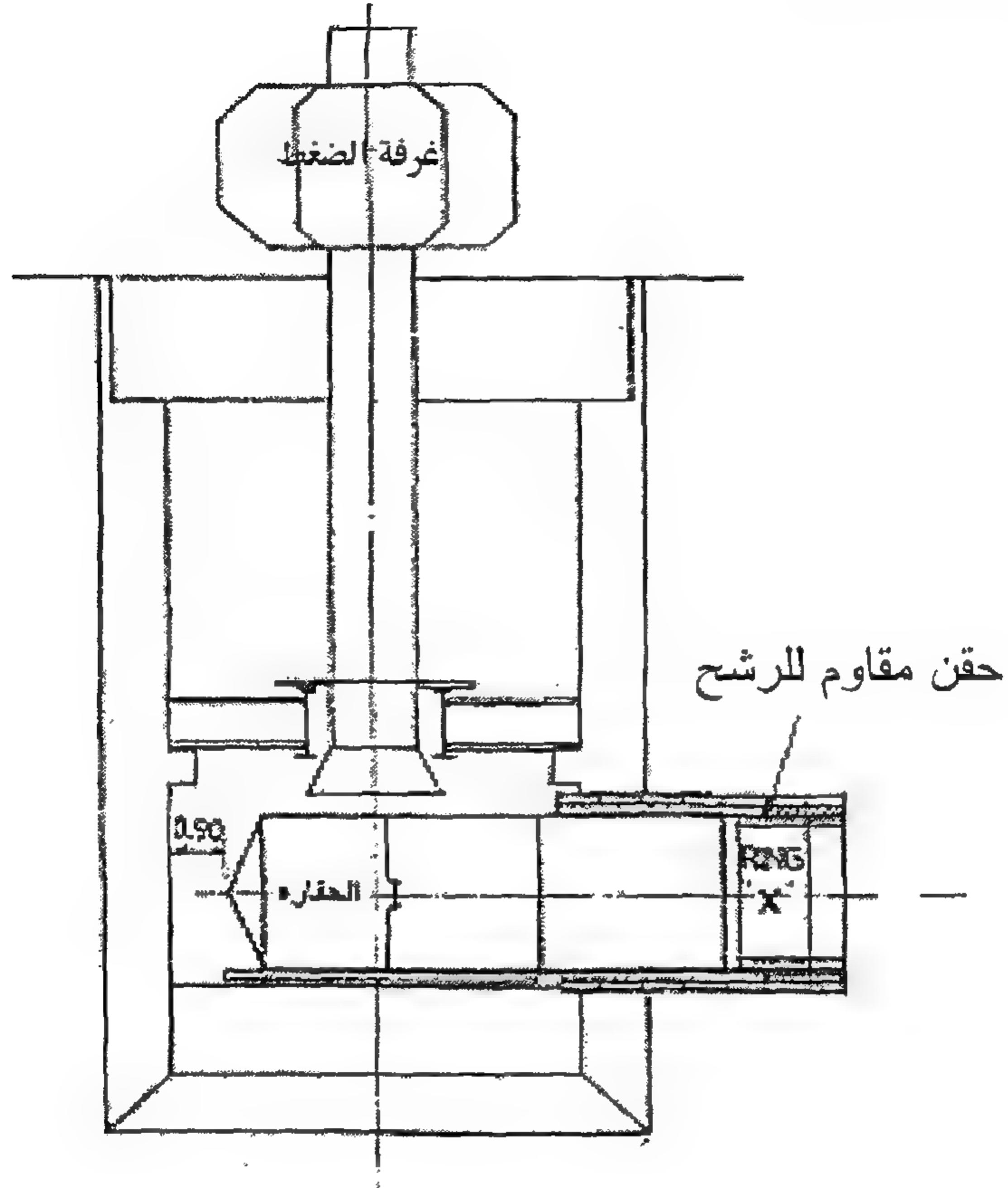
- ١ - الانتهاء من إنشاء البئارة الأولى و البئارة التالية - علي الأقل.
- ٢ - عمل التخطيط المساحي لمحور النفق و الانتهاء من النفق المساعد.
- ٣ - حقن المنطقة المحيطة بالنفق المساعد ثم يتم تنزيل الدرع و يضبط في الاتجاه و الميل المطلوب - شكل (١٥).



شكل (١٦) الأنفاق المساعدة

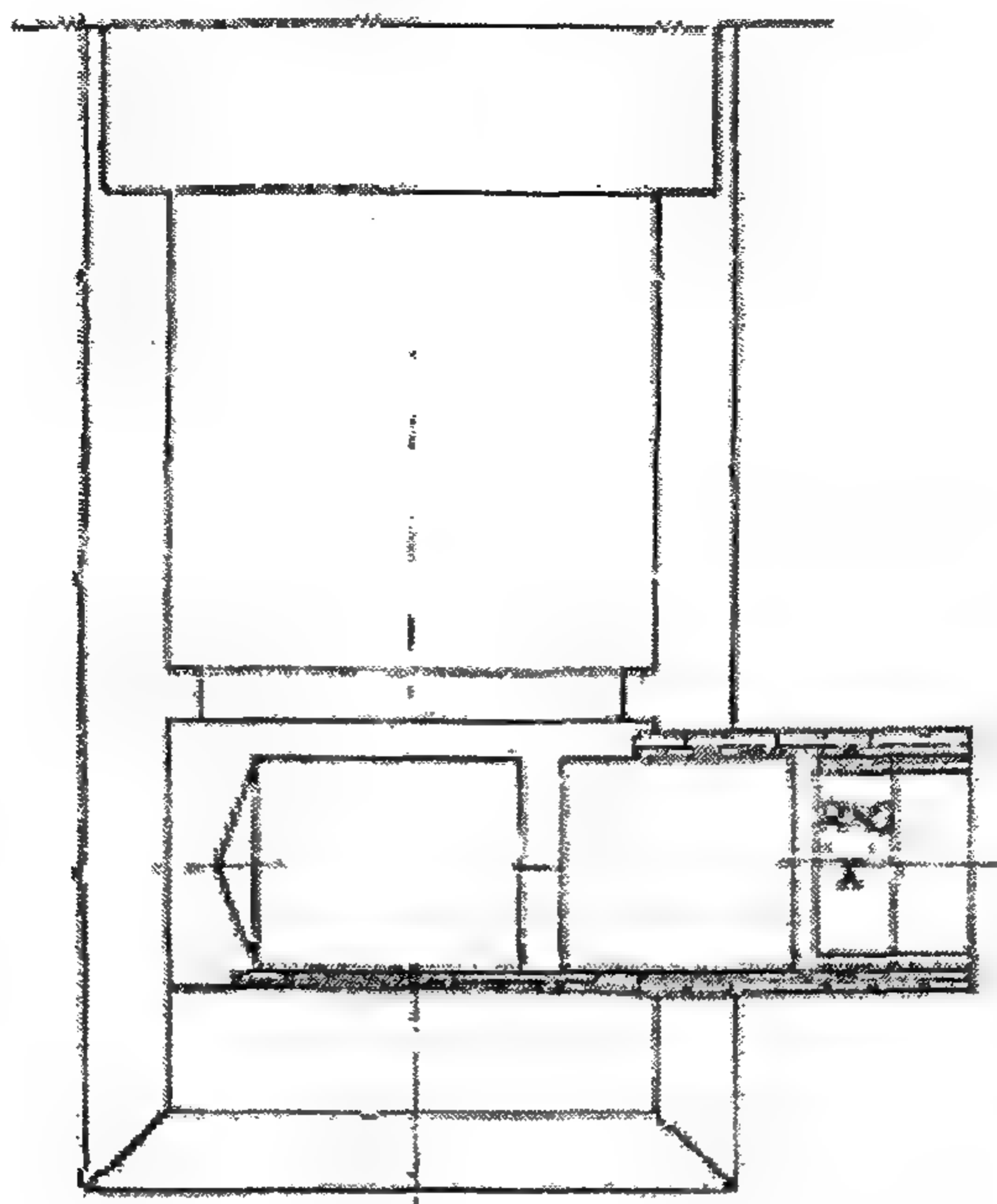
المرحلة الثانية:

- ١ - تركيب معدات ضغط الهواء حتي يمكن تركيب الحفارة وعربات الخدمة ...
ثم تزال بعد ذلك.



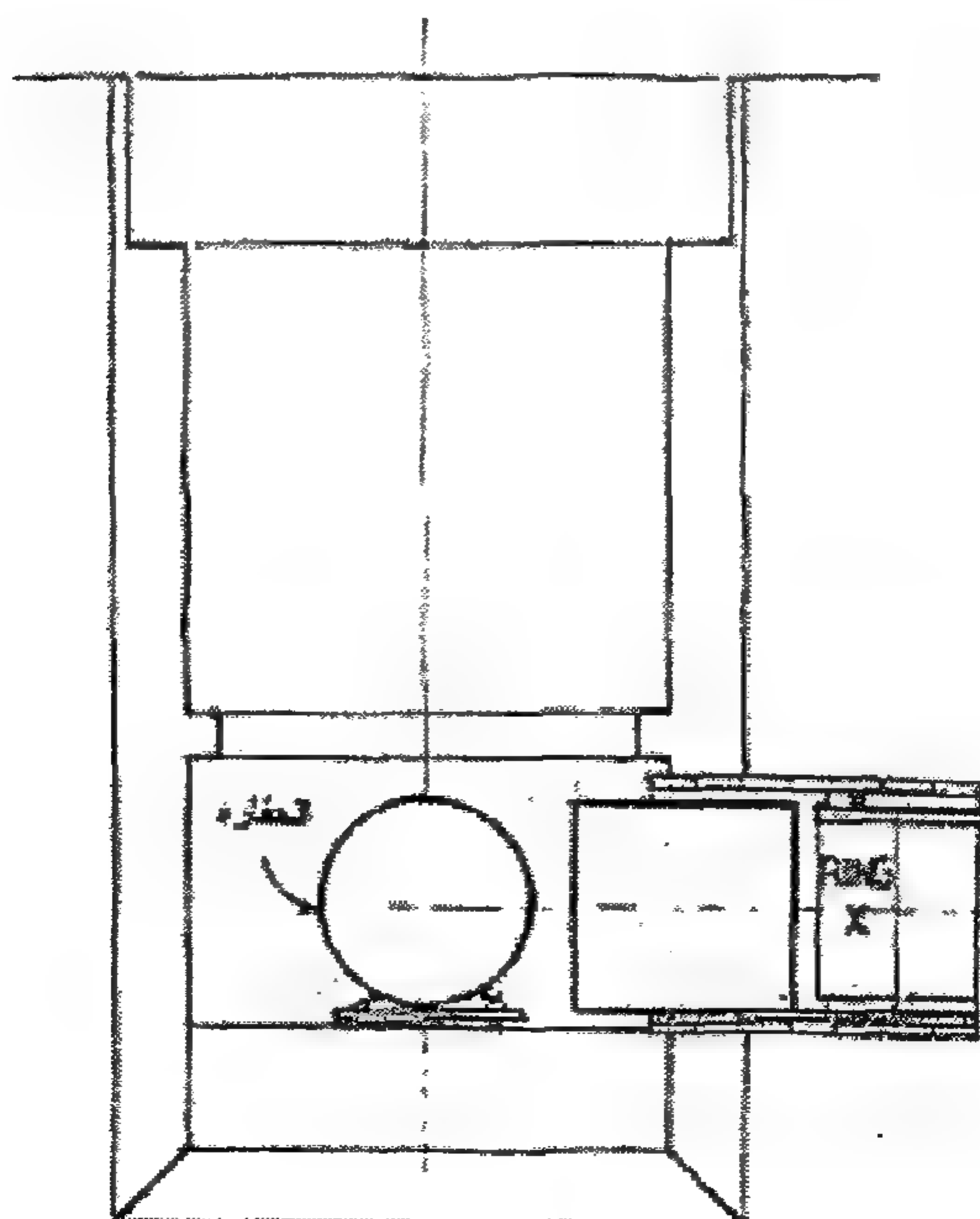
المرحلة الثالثة:

- ١ - أخترق الحفارة للسدادة المونة - دخول الحفارة في داخل البيارة.
- ٢ - دفع مقدمة الحفارة لتكون علي بعد ٩٠ سم من حائط البيارة.
- ٣ - حقن الحلقة الخرسانية لمنع الرشح داخل النفق.



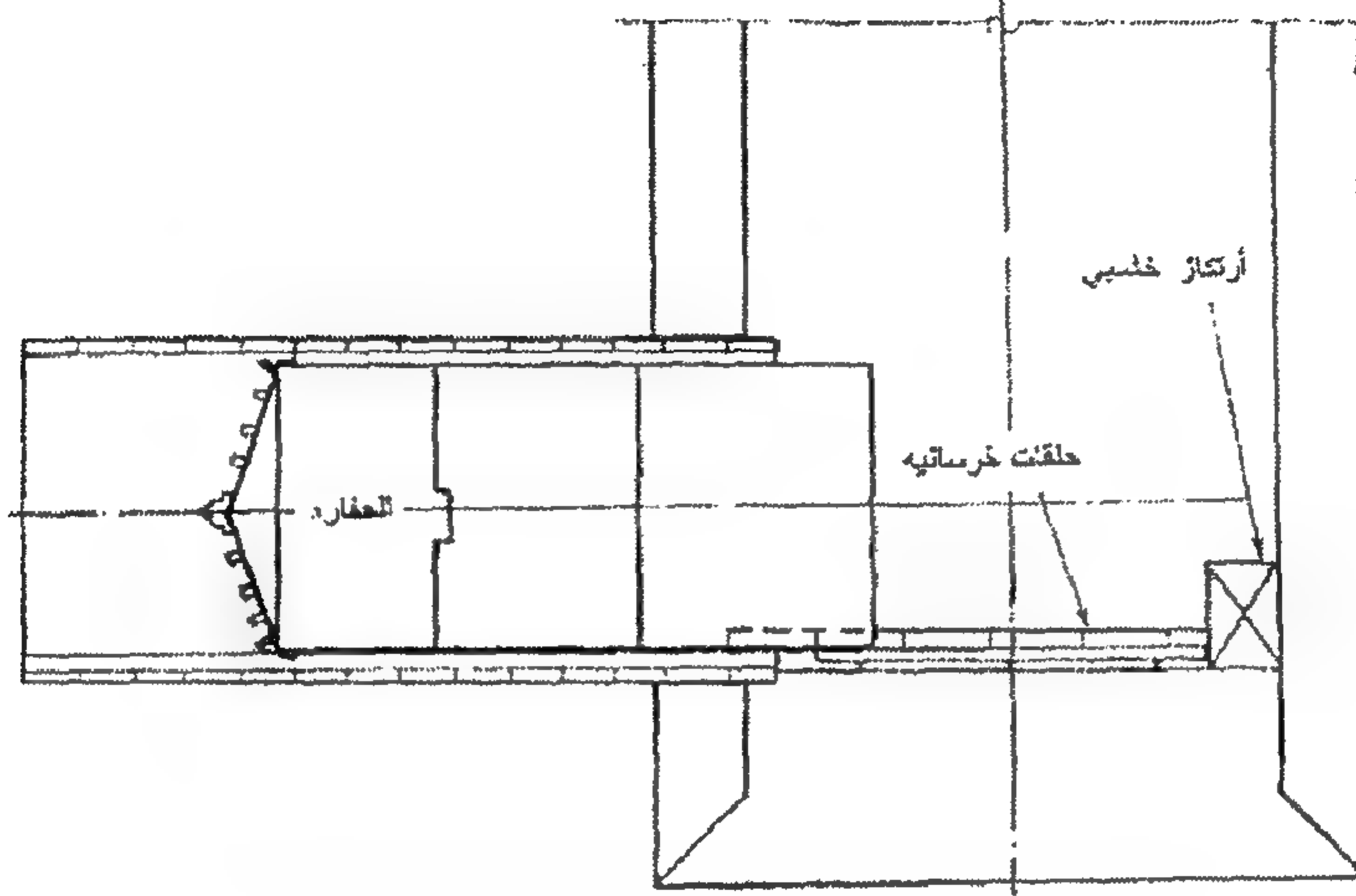
المرحلة الرابعة:

- ١ - إزالة معدات الهواء المضغوط.
- ٢ - فصل مقدمة الحفارة عن باقي العربات ودفعها الي داخل الغرفة . تكون عربات الخدمة داخل النفق المساعد.



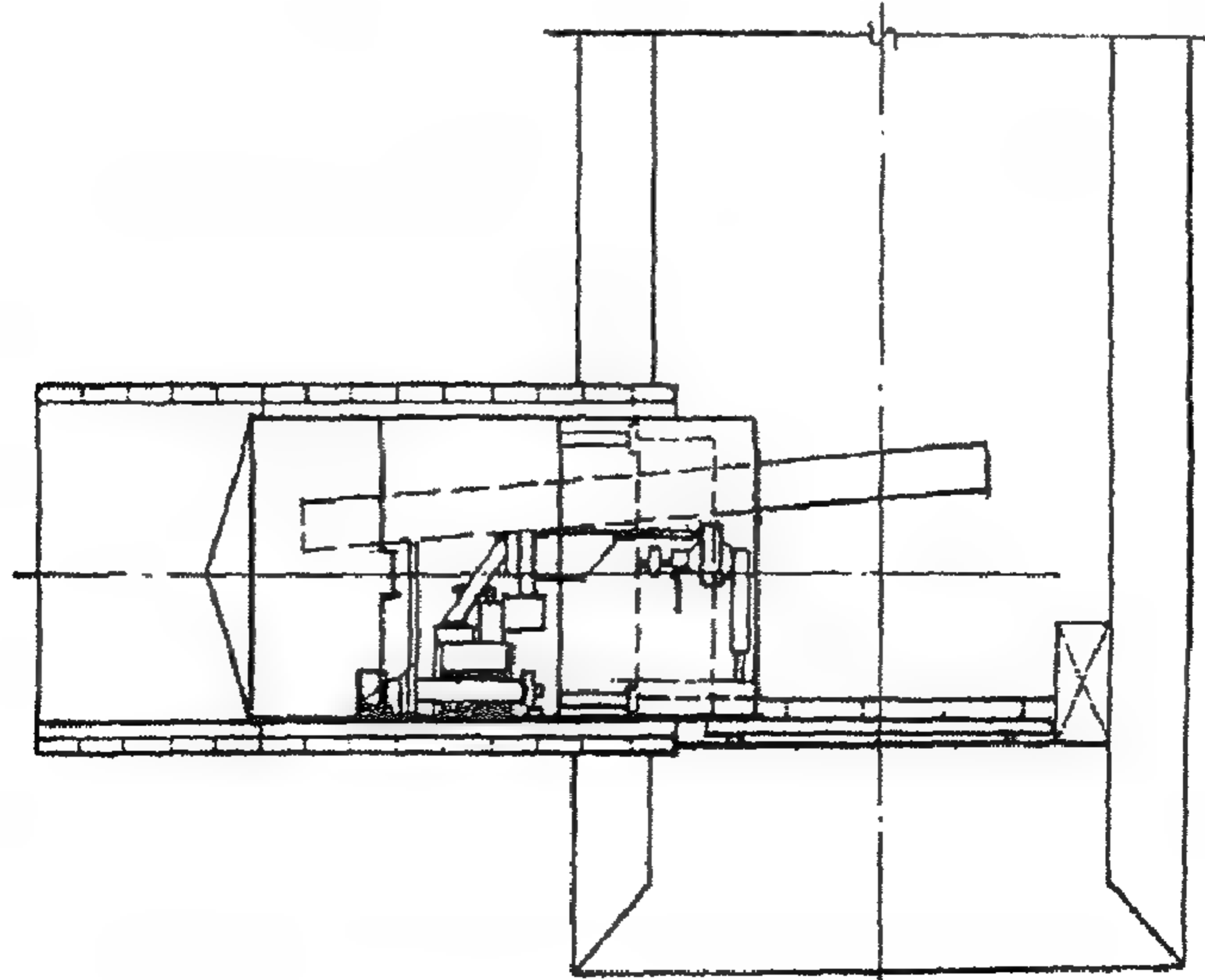
المرحلة الخامسة:

- ١ - رفع وتحويل الحفارة الي وضع ومسار النفق.
- ٢ - نقل ورفع العربات المتحركة الي الغرفة و تحويلها خلف الحفارة . تبدأ أعمال حفر النفق.



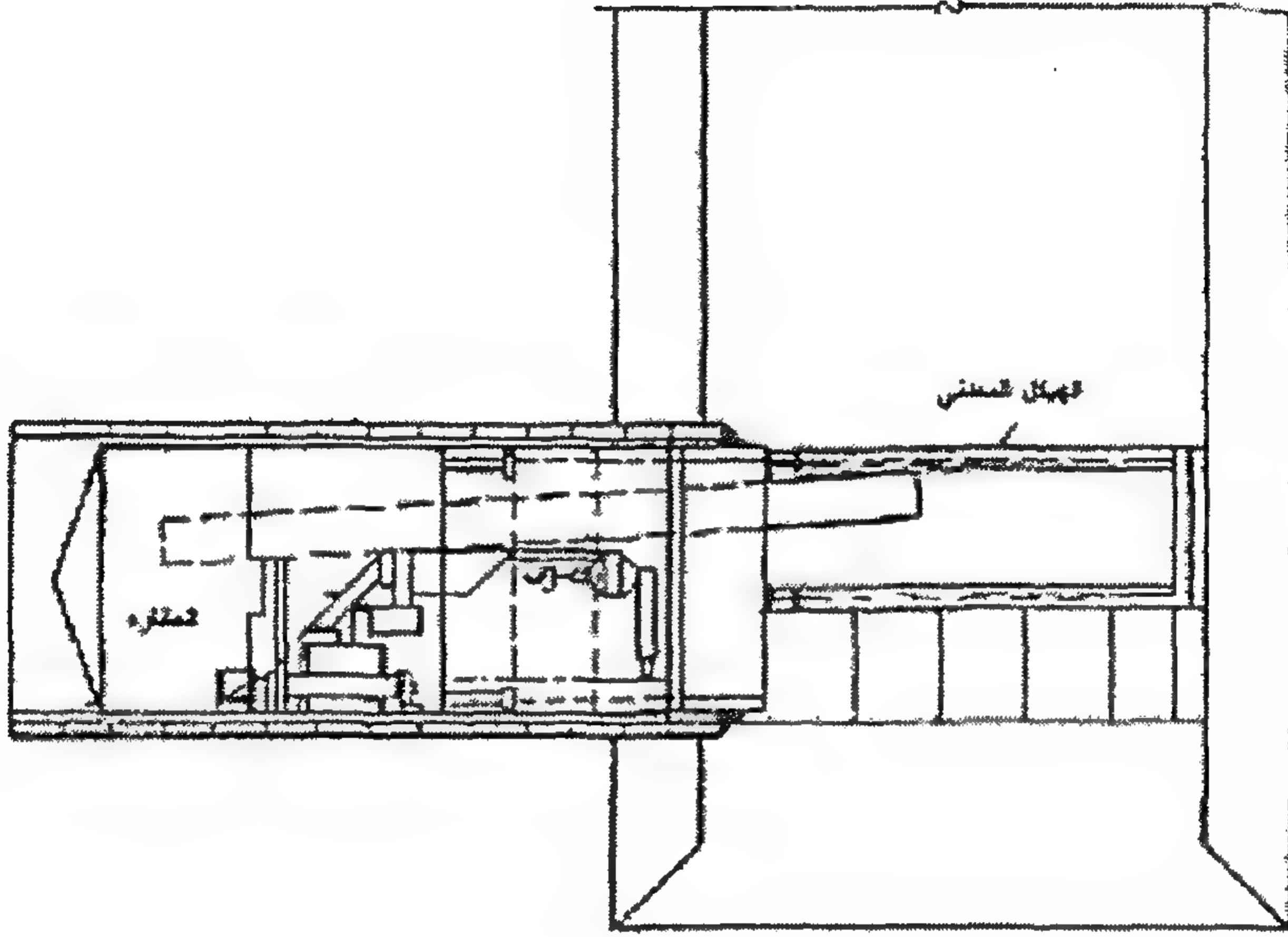
المرحلة السادسة:

- تركيب دكم خشبية (تعمل كأرتكاز) عند حائط البيارة.
- بناء نصف حلقات النفق السفلية (مؤقتا) تعمل كأرتكاز.
- تركيب آلة تركيب القطع الخرسانية ثم باقي مقطورات الخدمة.



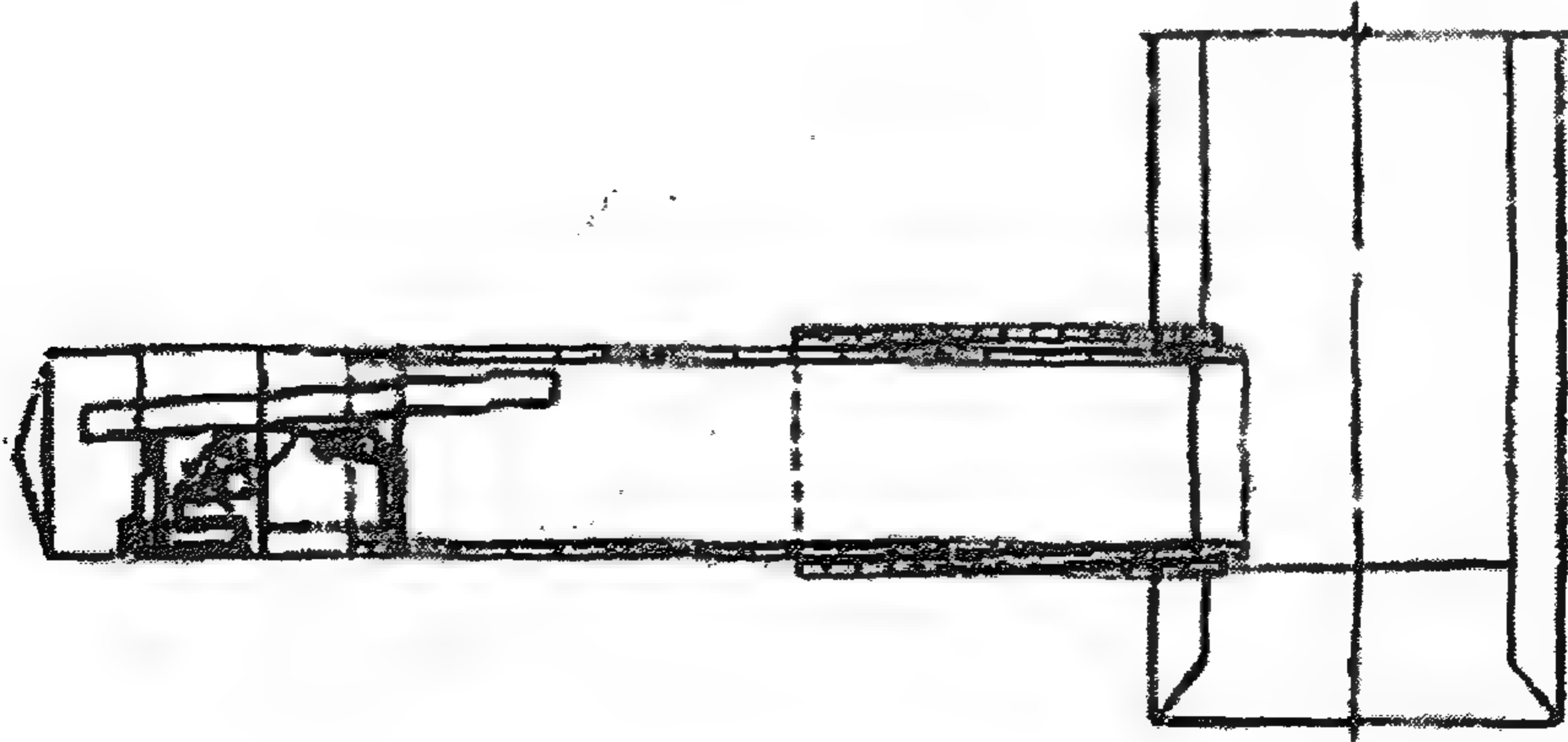
المرحلة السابعة:

- ١ - استخدام المكابس السفلية في دفع الحفارة الي داخل النفق مرتكزة علي الحلقات الخرسانية السفلية.
- ٢ - بناء الحلقة الأولى في النفق الدائم.



المرحلة الثامنة:

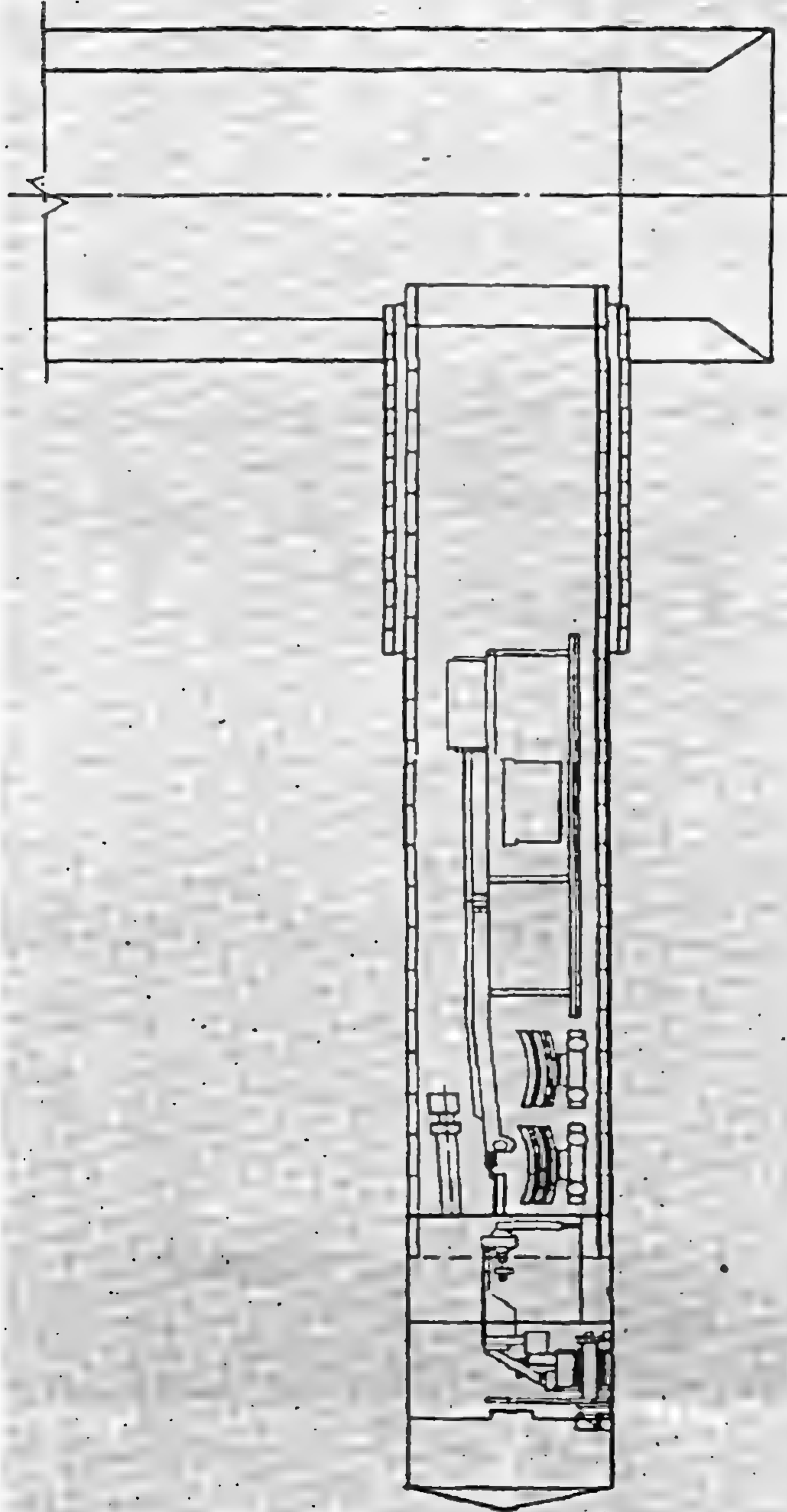
- ١ - إزالة الحلقات الخرسانية التي أستخدمت كأرتكاز من البيارة.
- ٢ - تركيب هيكل المعدني ليعمل كأرتكاز للحفارة.



المرحلة التاسعة:

١ - دفع الحفارة الي الأمام.

٢ - إزالة الهيكل المعدني من البيارة.

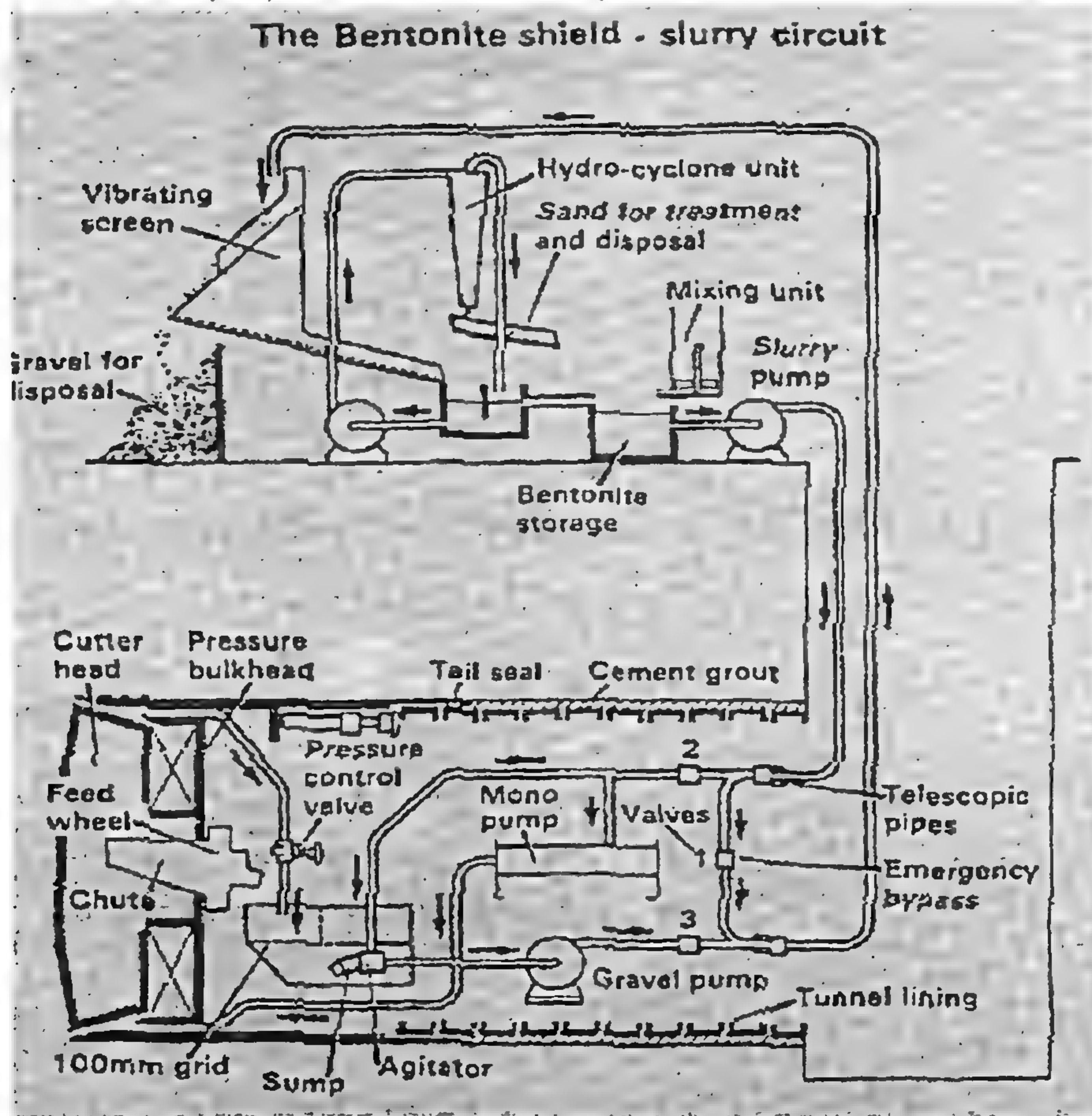


شكل (١٥) مراحل بناء غرفة الدفع مع تركيب الحفارة

تنفيذ النفق:

١ - عمل التخطيط المساحي للنفق - الباب السابق . يتم تنفيذ البيارات وتركيب الحفارة مع ملحقاتها.

٢ - تبدأ الروافع في الأنفراج و في نفس الوقت تبدأ عملية الحفر . تقوم مقدمة الحفارة بالدوران قاطعة الأرض من الأمام . تختلط الأتربة بخليط البنتونايت الوارد اليها من محطة الخلط وتقوم طلمبات الروبة بسحب خليط هذه المواد الي أعلي الي محطة فصل البنتونايت لإعادة أستعماله بينما تجفف الأتربة وتنقل خارج الموقع . و عند الانتهاء من أنفراج الروافع - يقوم مشغل الماكينة بأعادة الروافع الي وضع الأنكماش - شكل (١٦).



شكل (١٦) دورة البنتونايت

يراجع مشغل الحفارة باستمرار لوحة استقبال أشعة الليزر المجاورة له لضمان دقة الانحدار والأفقية وتعديل المسار بواسطة الروافع المساعدة إذا لزم الأمر. ٣- تأتي الأجزاء الخرسانية الي موقع الدرع لتقوم آله تركيب الأجزاء الخرسانية برفعها الي الموقع المحدد لها و يقوم العمال بتثبيت الحلقة المطاط عليها وربط المسامير.

٤- يستمر العمل بعد تركيب آخر حلقة و تبدأ الروافع في الانفراج ثانية مرتكزة علي آخر حلقة و هكذا.

ملاحظة :

لا يجب أن تتوقف للماكينة إطلاقا حيث يمكن حدوث التصاق طبقات الأرض بالدرع من الخارج الأمر الذي سيتسبب في مشاكل كبيرة . و قد يحدث التوقف ذلك لأسباب قهرية مثل تعطل الماكينة و خلافه . و في حالة عدم قدرة الماكينة علي العمل - يتم تثليج التربة Ground freezing أو يتم عمل بيارة فوقها تماما و النزول بها حتي الماكينة - مع استخدام الهواء المضغوط - و ذلك لعمل الإصلاحات اللازمة ثم استئناف العمل . وقد حدثت ذلك المشكلة في محطة الصرف الصحي بالأميرية عند دخول النفق عليها .

دراسة واقعية للأنفاق المجزأة - نفق أحمد حمدي - مدينة السويس - جمهورية مصر العربية :

نفق أحمد حمدي :

يقع نفق أحمد حمدي شمال مدينة السويس بحوالي ١٧ كم أسفل مجري القناة ، وقد تم تم تصميم النفق ليلائم التوسعات المستقبلية لزيادة المسطح المائي لقطاع القناة .

- المالك : وزارة التنمية والمجتمعات العمرانية الجديدة .
- تصميم النفق : سير ويليام هالكرو وشركاه بانجلترا .
- المقاول : شركة عثمان أحمد عثمان المصرية - شركة تارماك أوفرسيز الإنجليزية .

- القطر الخارجي = ١١,٨ متر .
- قوة دفع الروافع = ٣٠ رافع \times ٣٠٠ طن (قدرة الرافع) .
- الطول = ١٦٤٠ متر .
- قطر داخلي = ١٠,٤ متر .
- قطر خارجي = ١١,٨ متر .

اختيار موقع النفق :

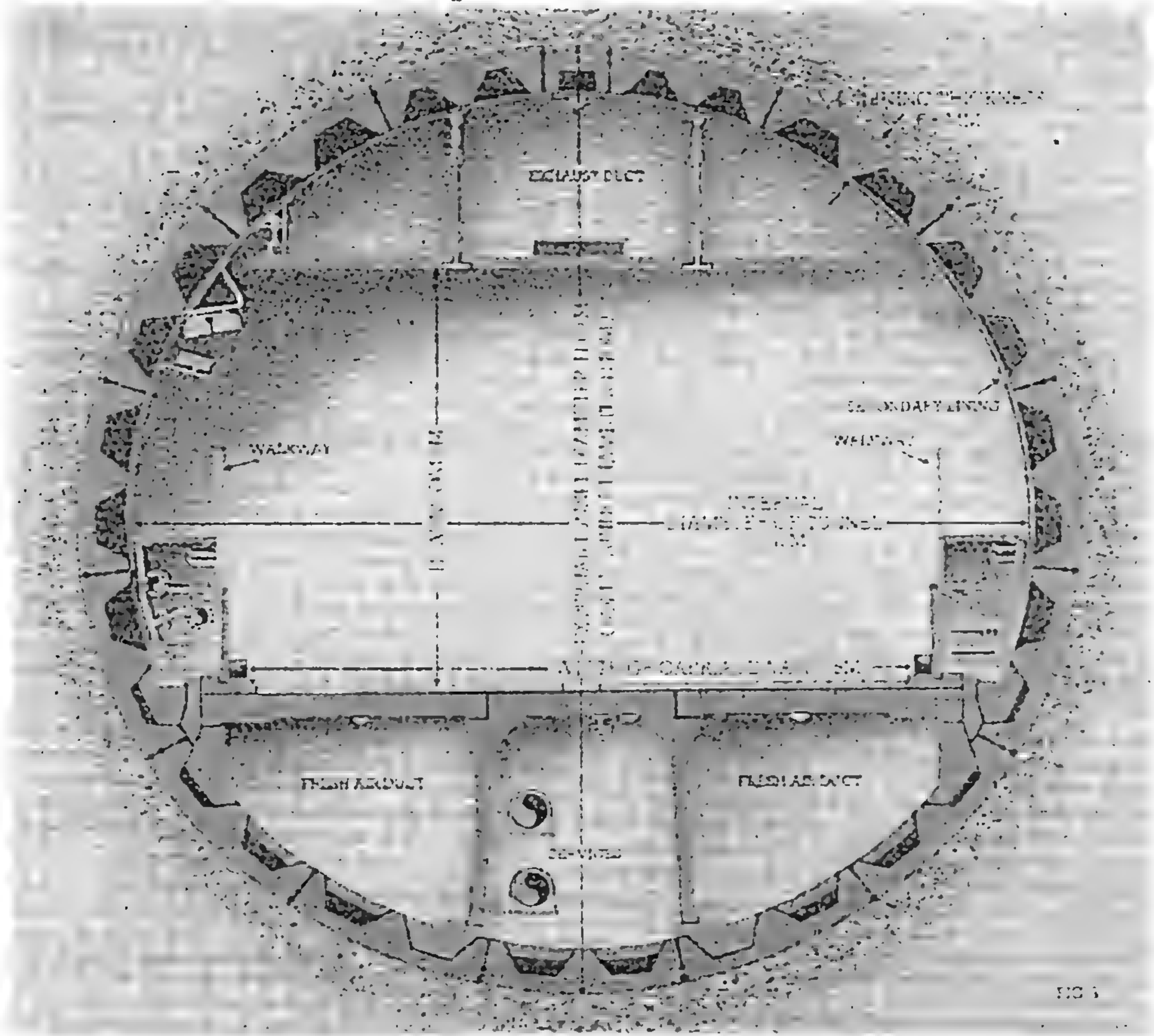
تمت المفاضلة بين موقعين لإنشاء النفق :

١ - موقع الشلوفة .

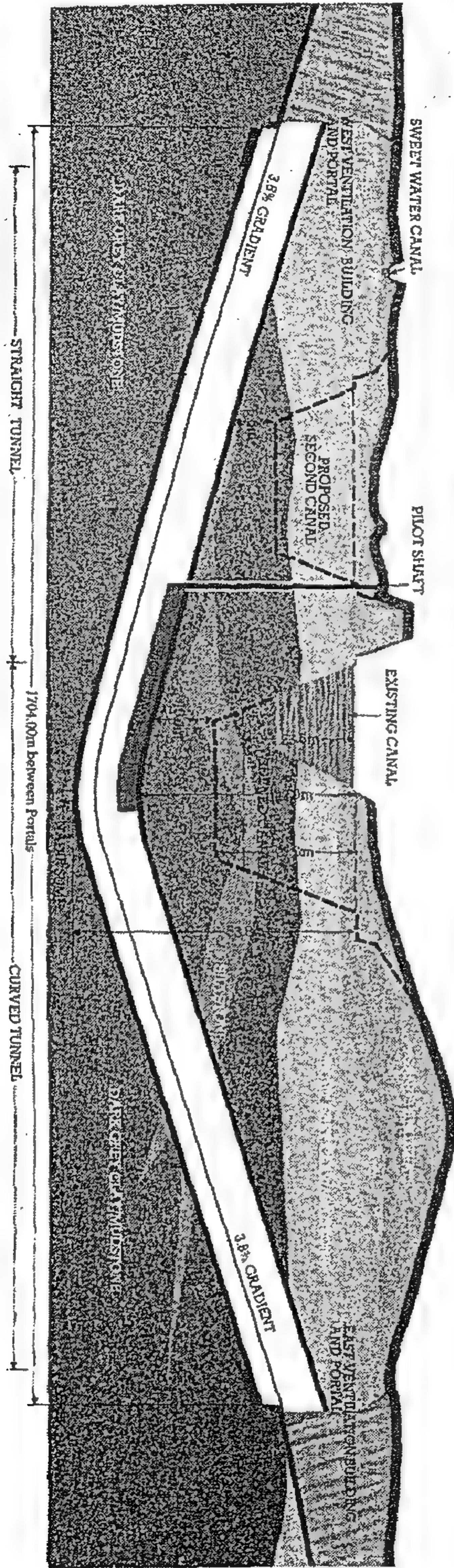
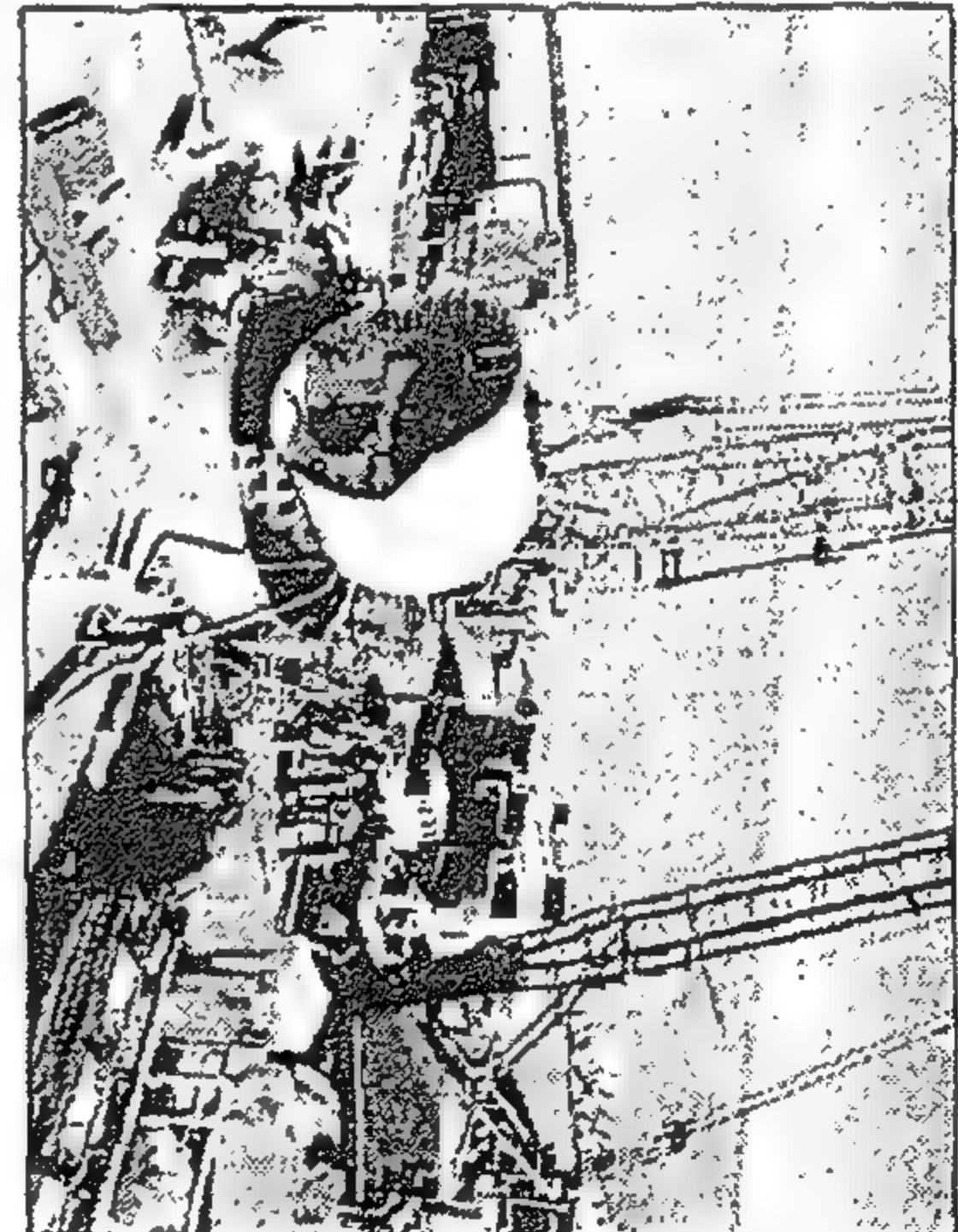
٢ - موقع الشط .

وقد أخذت ٢١ جسة ، كما تم عمل تجربة النفاذية Pumping Test في الموقعين .
وقد تم اختيار موقع الشلوفة حيث طبقة التربة المار بها النفق جيدة و فائقة التصلد Over Consolidated وتتكون من الطمي والصخور الطينية Clay & Mudstone التي من شأنها تقليل مشاكل مياه الرشح إلي حد كبير أثناء تنفيذ النفق .
تم عمل نفق تجريبي Pilot Tunnel في نفس محور النفق الأصلي للاطمئنان إلي استمرار طبقة الطين المختارة ، وقد ثبتت استمرارها وتأكد العمل من خلالها .
ومما يجدر ذكره ، أن تنفيذ النفق تم بالحفر المكشوف بواسطة الحفارات العادية وكانت المياه الجوفية منعدمة ، وقد قمت بنفسي بالدخول داخل النفق وشاهدت أعمال الحفر بالحفارات ونقلها بالسيور إلي سيارات النقل إلي خارج النفق وكذا تركيب الحلقات الخرسانية المبطنة للنفق وكنا متواجدين و فوق رؤوسنا يسير مجري قناة السويس .
كانت تتركب ١٦ قطعة خرسانية بطول ١,٢ متر و بسمك ٦٠ سم و وزن ٣,٢ طن لتشكل حلقة واحدة للنفق . حول كل قطعة خرسانية شريط مطاط عازل للرشح بين القطع المتجاورة عند التركيب .

نفق أحمد حمدي

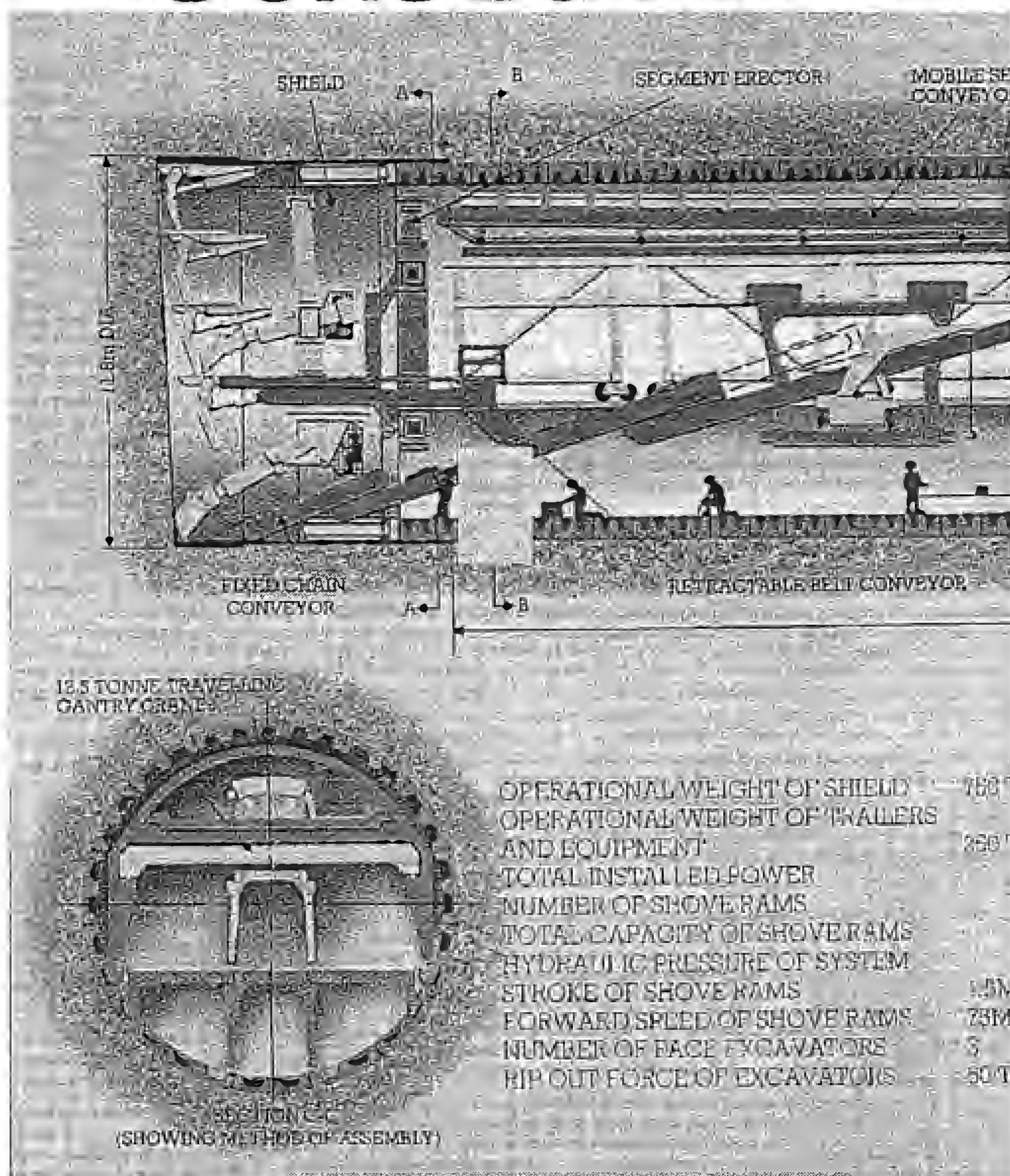


شكل (١٧) نفق الشهيد أحمد حمدي

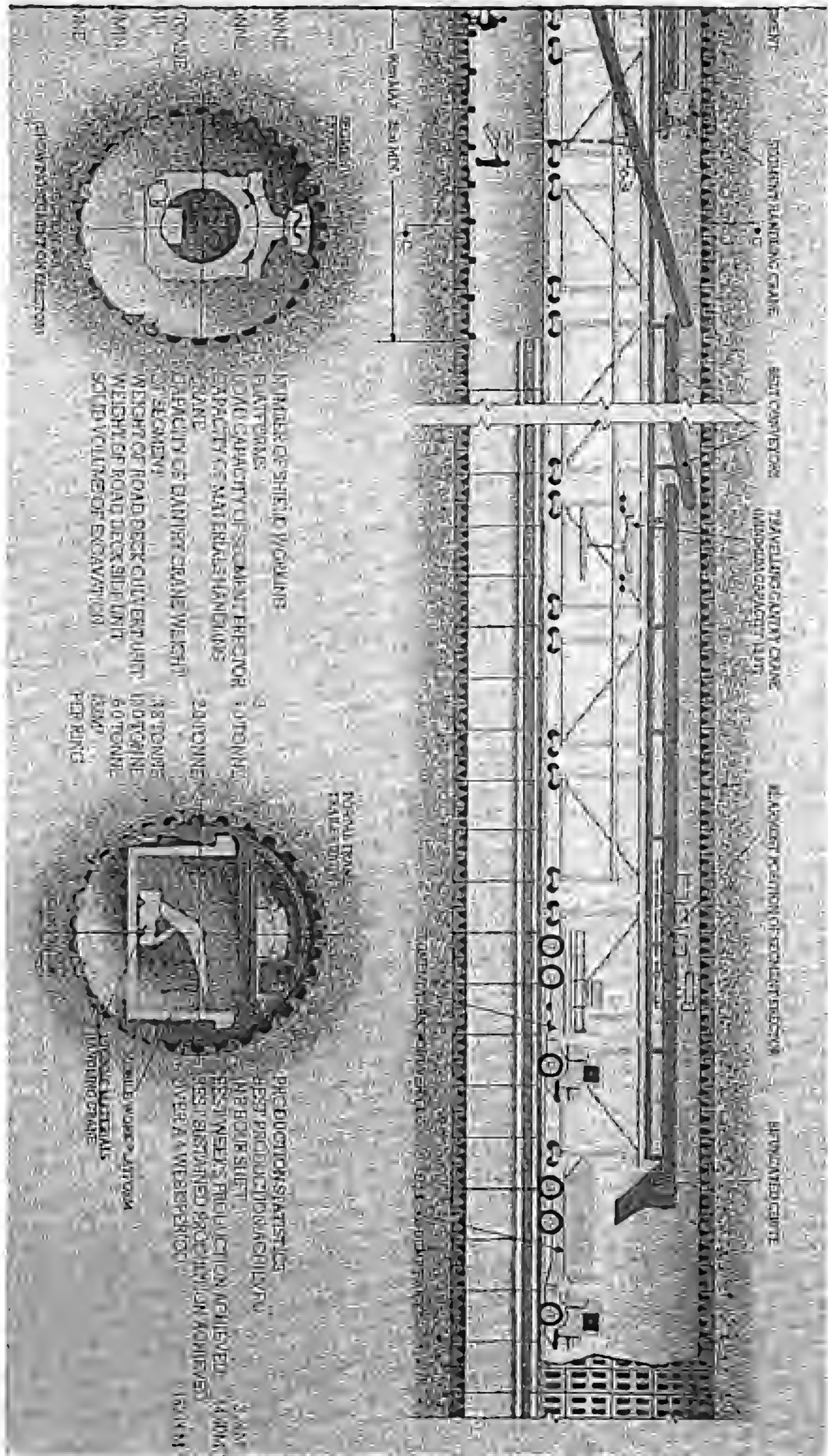


طبقة الصخور الطينية المار النفق من خلالها - نفق أحمد حمدي

Construction



مقدمة ماكينة الحفر بالحفارات والسيور الناقلية - نفق أحمد حمدي



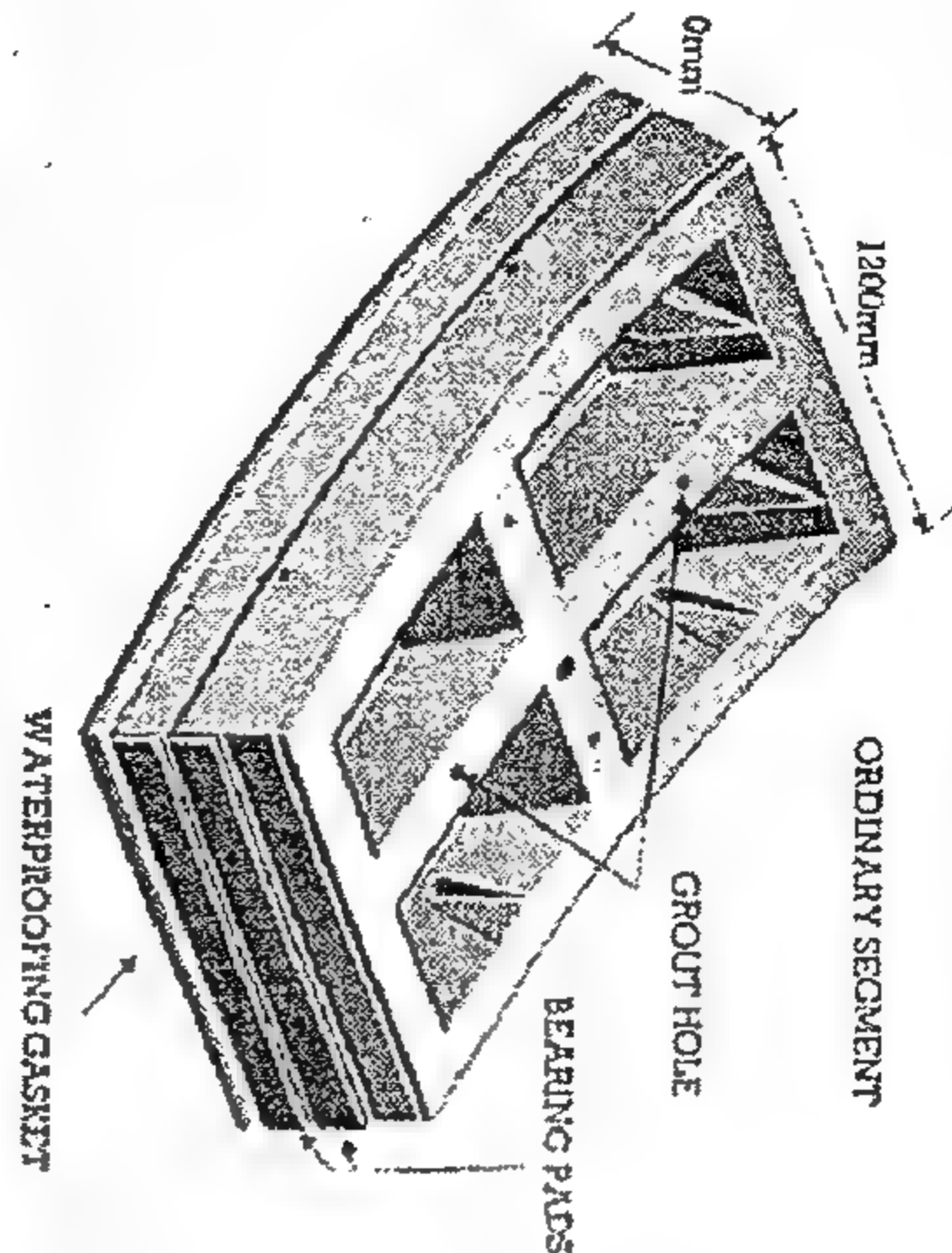
النفق أثناء الإشاء - نفق أحمد حمدي



النفق أثناء التنفيذ - نفق أحمد حمدي

الإنشاءات المتميزة إنشاء الإنفاق

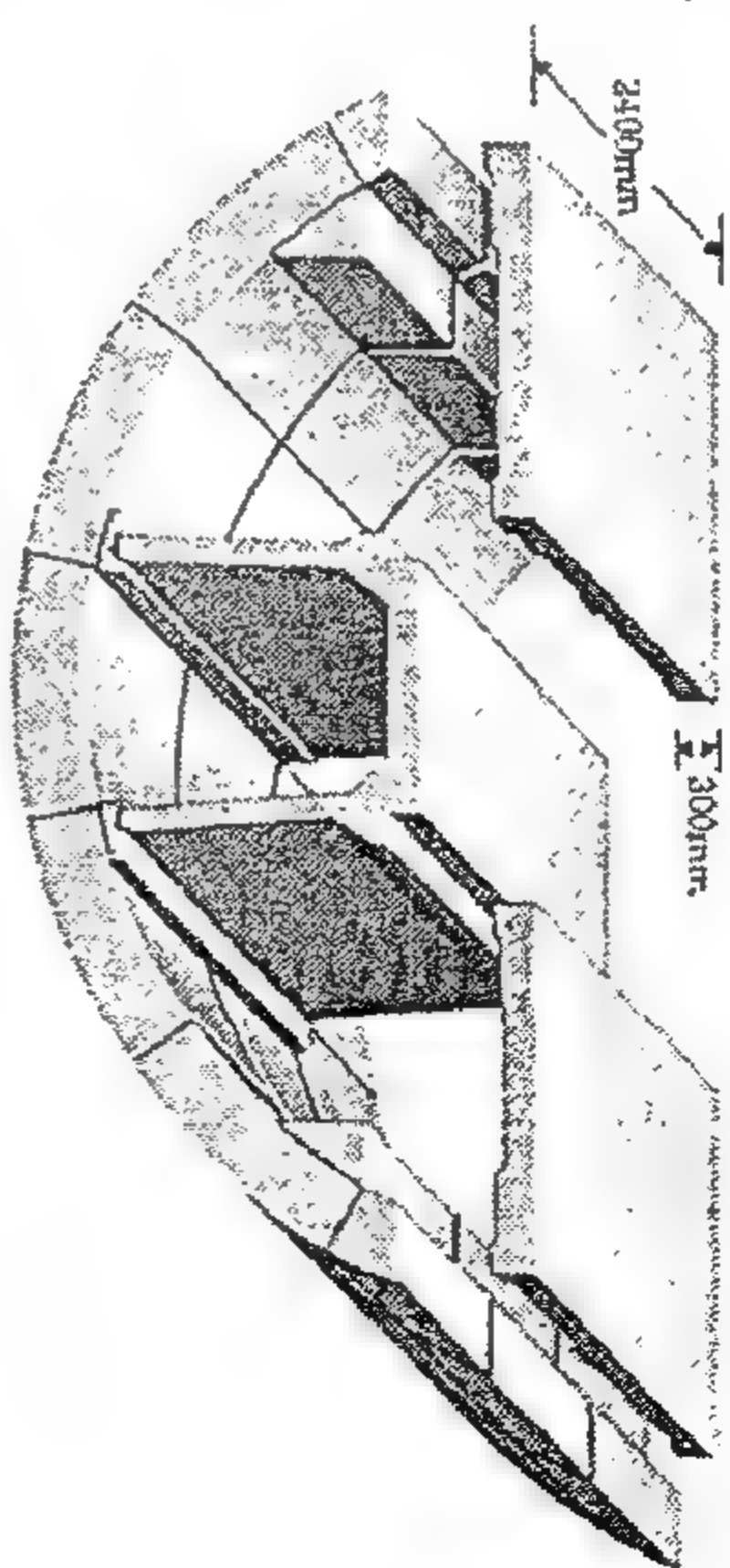
The bored tunnel has been provided with a secondary lining to improve the appearance of the tunnel and reduce distractions to the motorist.



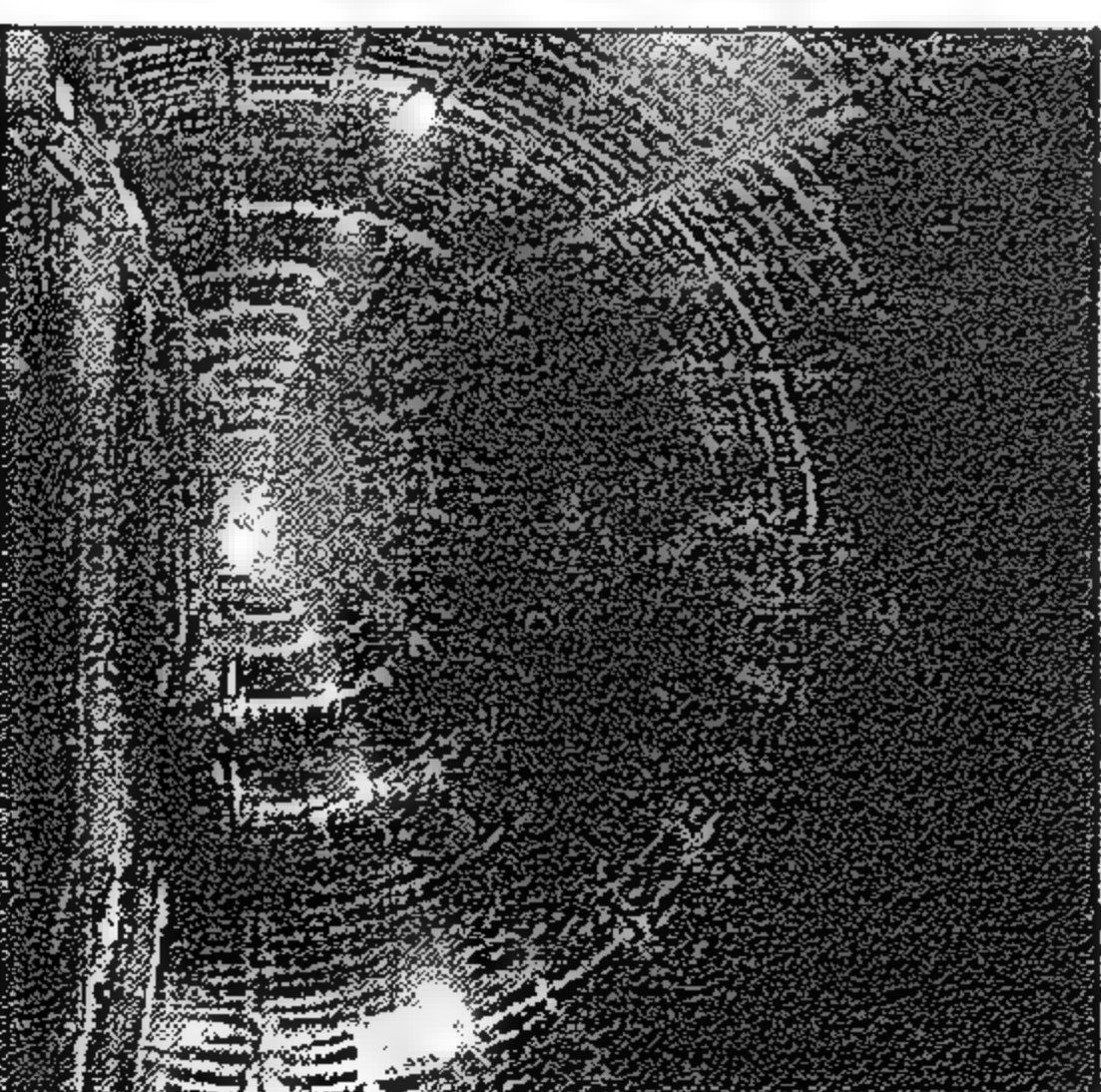
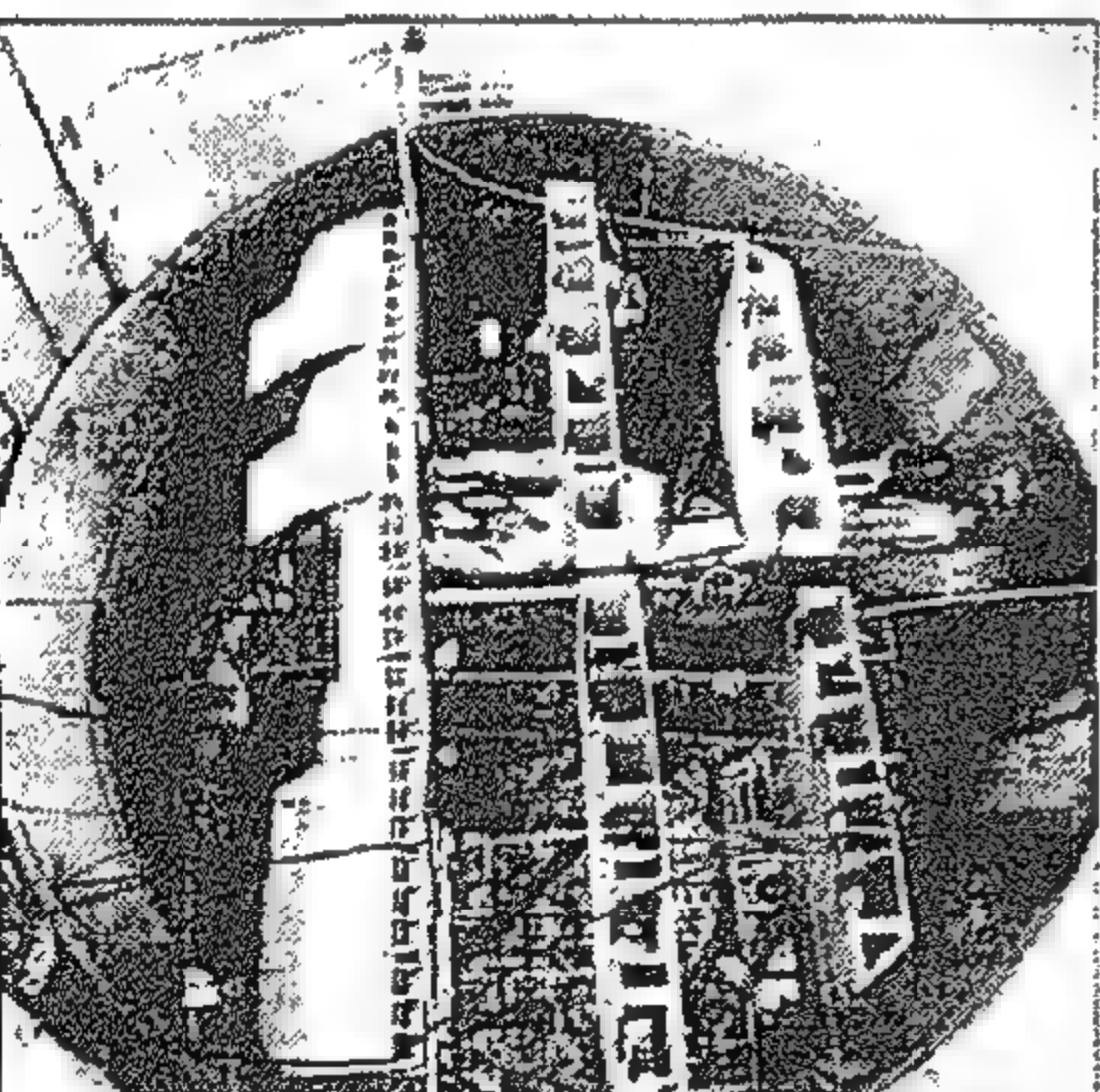
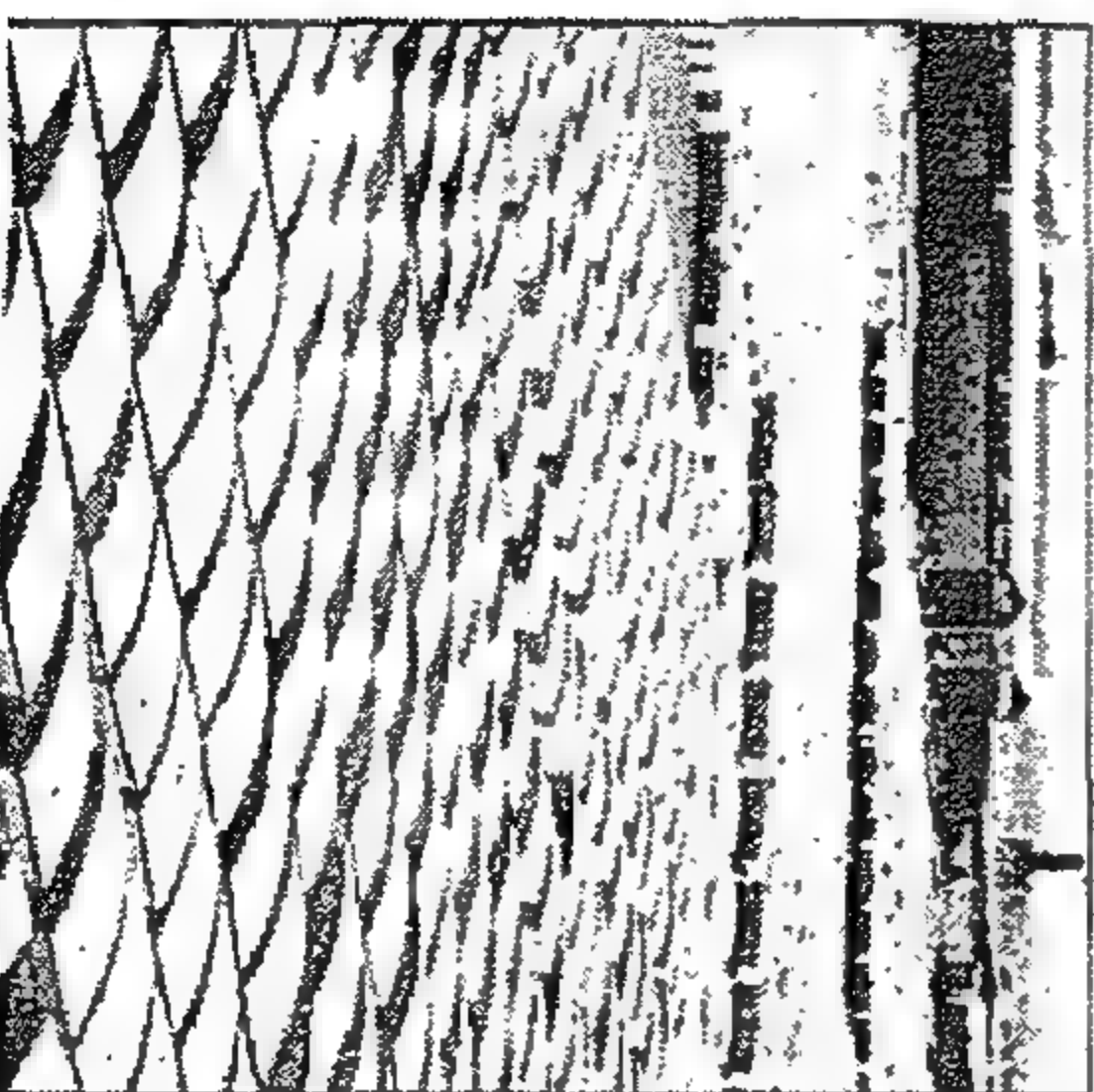
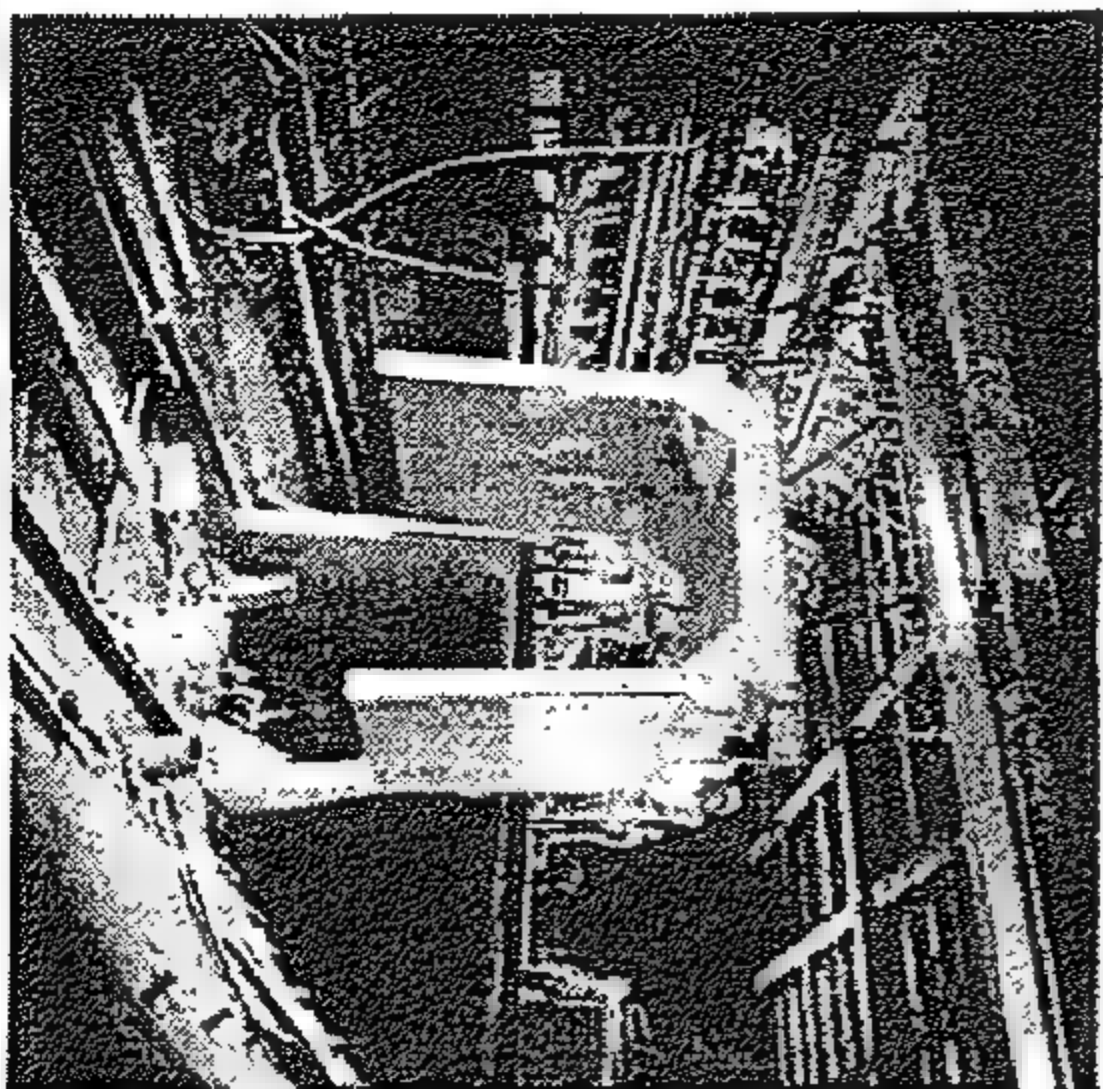
A suspended ceiling forms the bottom of the exhaust duct and has been designed to minimise air friction losses. It is formed from a deck of precast concrete planks, the weight of which is sufficient to counteract the uplift due to differential air pressures.

The approaches on both banks are in open cutting up to 30 metres deep. The ground on the west bank is clay and mudstone with only a thin covering of sand on the surface, while on the east bank there is up to nine metres of slightly cemented sand overlying the clay. The slopes are left bare and the design has taken account of ravelling of the dessicated surface, as well as overall stability. A maximum slope of 1:2 was incorporated for permanent works with berms as necessary.

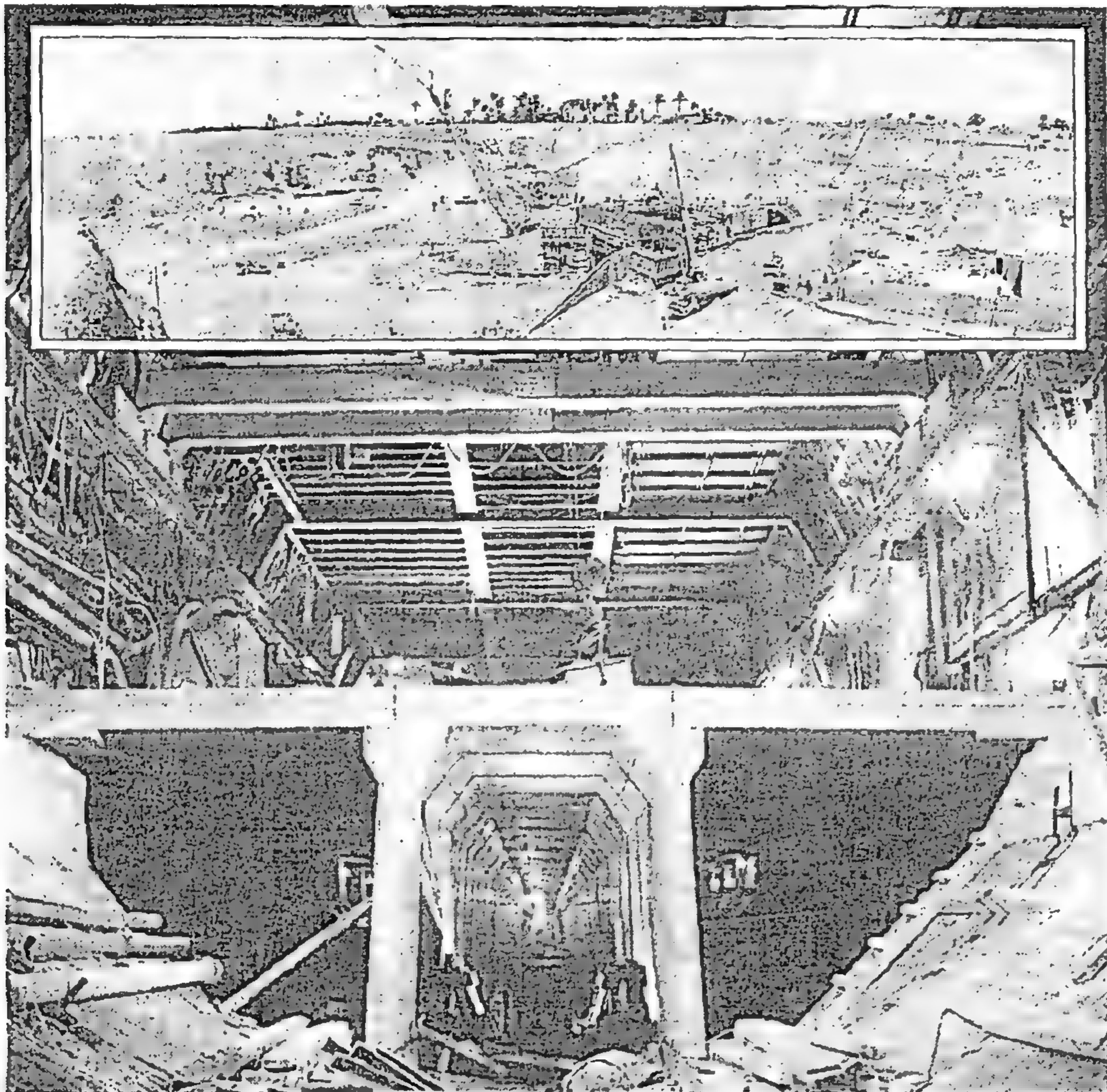
The approach roads have an impermeable asphaltic surfacing with a road base of unbound stone. A 36m³ capacity nadir sump is situated at the tunnel low point to take the normal flows from tunnel leakage and wash down.



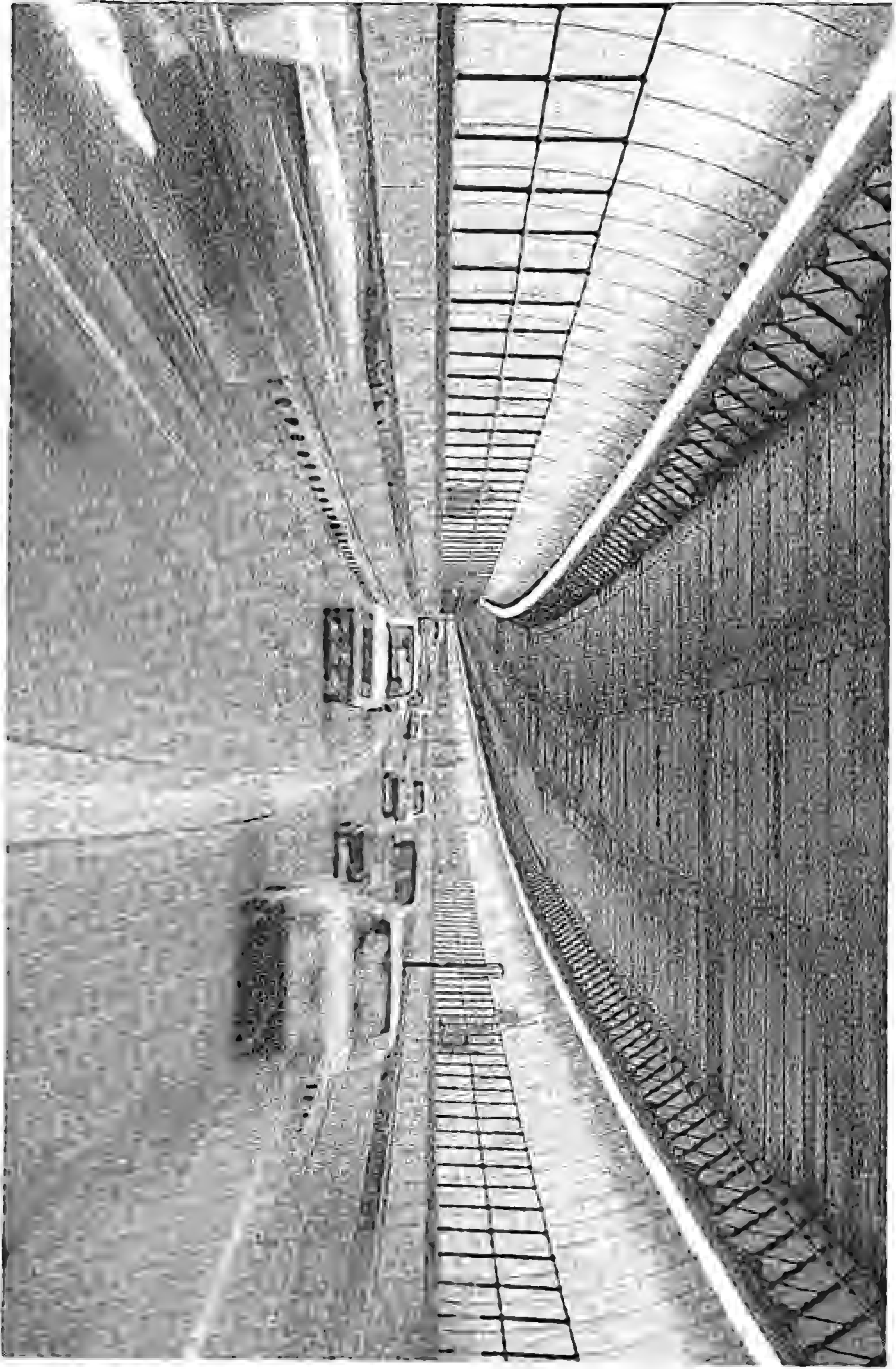
ARRANGEMENT OF PRECAST ROAD DECK UNITS



النفق إنشاء التنفيذ - نفق أحمد حمدي



النفق أثناء التنفيذ - نفق أحمد حمدي



نفق أحمد حمدي وقت الافتتاح للمرور

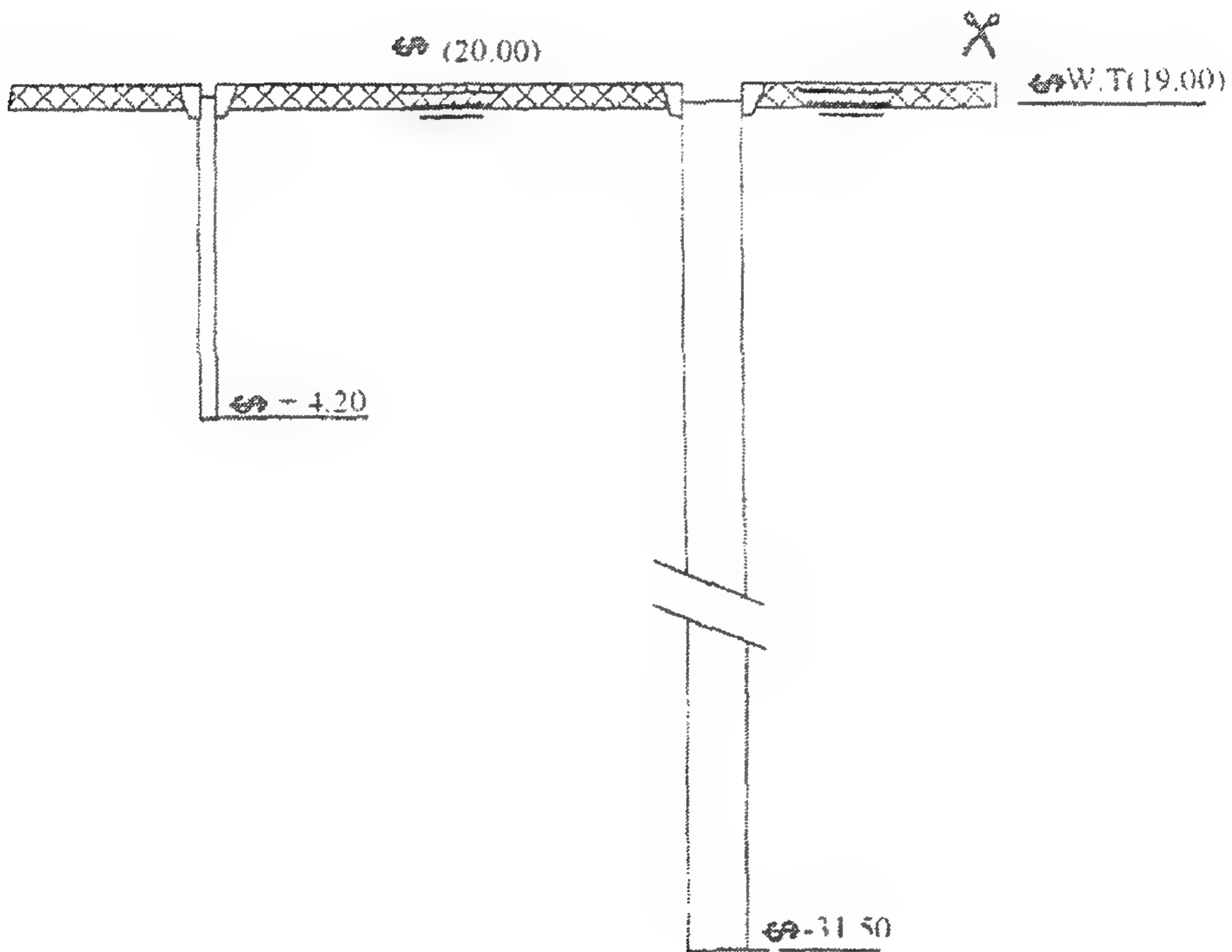
المحطات المنشأة علي أنفاق المواصلات :

المحطات تكون ذات مباني كبيرة ضخمة ولا يصلح لها سوي طريقة حوائط الديافرام .

خطوات التنفيذ - شكل (١٧) .

المرحلة الأولى:

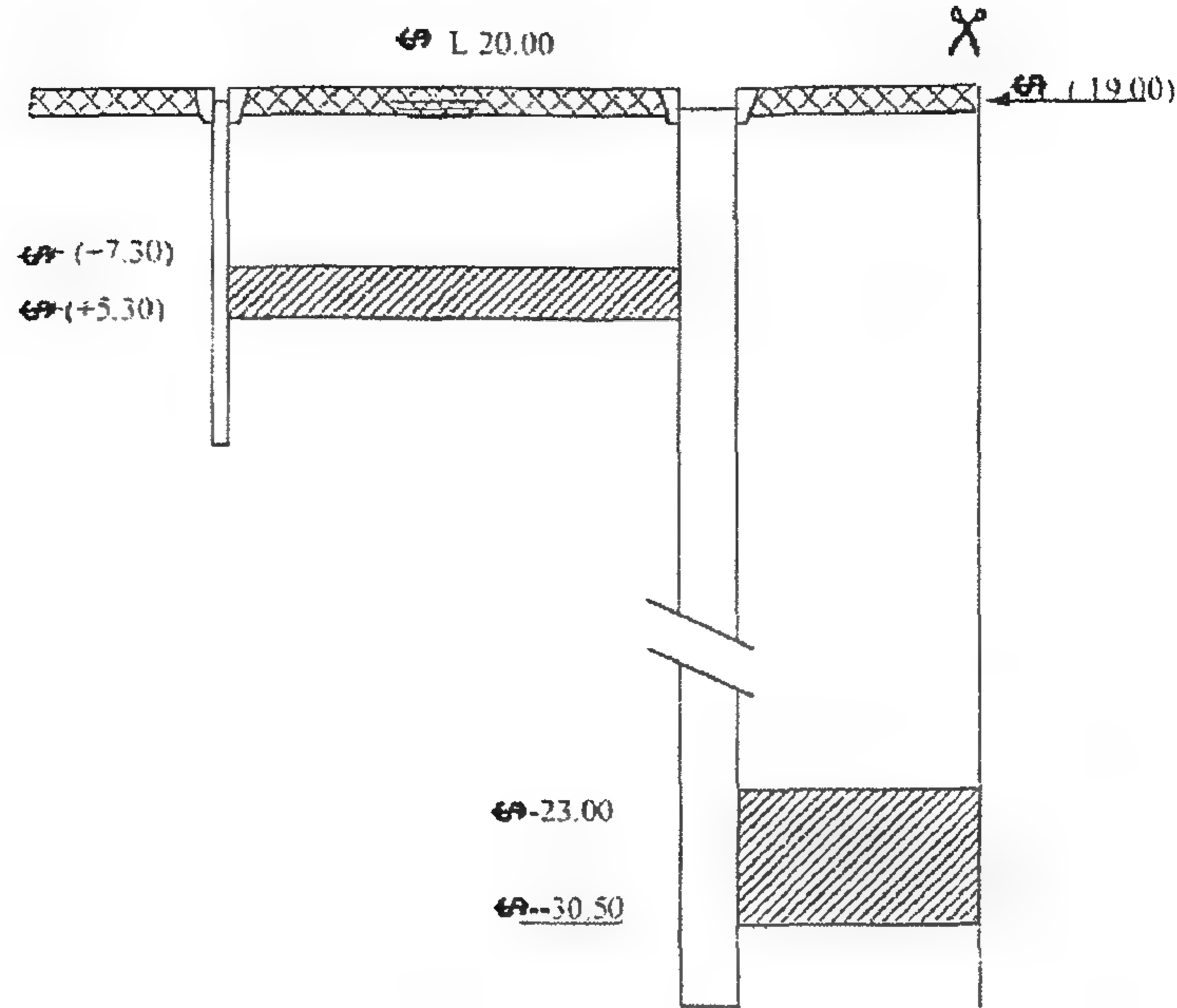
١ - تخطيط وإنشاء الحوائط اللوحية - Diaphragm wall الحائط الرئيسي وحائط الملحق (مكان صرف التذاكر).



المرحلة الثانية:

٢ - عمل ستارة من الحقن أسفل حيز التذاكر وحيز المحطة لمقاومة مياه الرش.

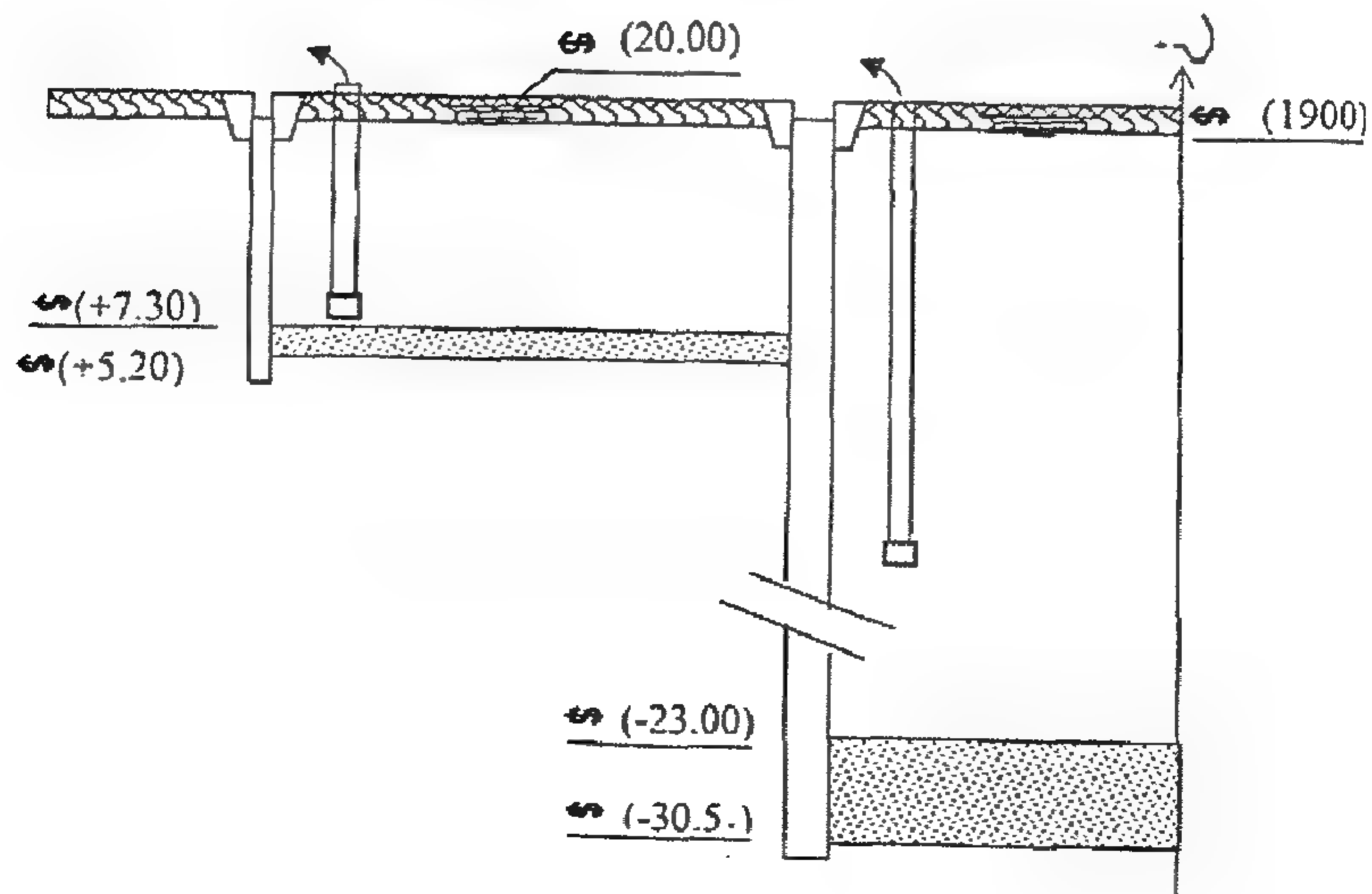
2- GROUTING



المرحلة الثالثة :

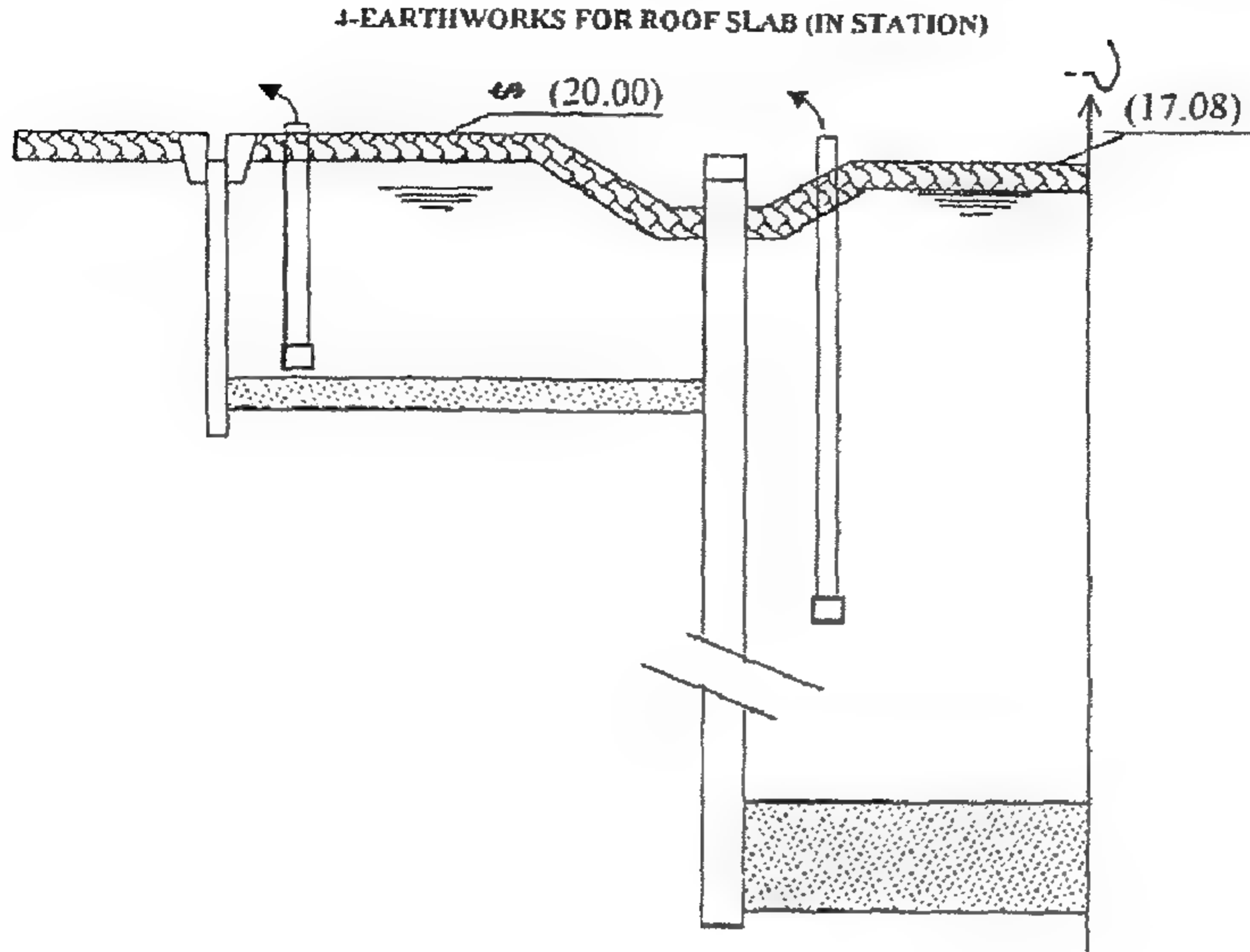
نزع المياه الأرضية بالنزح الجوفي العميق. Deep wells

3- Pumping



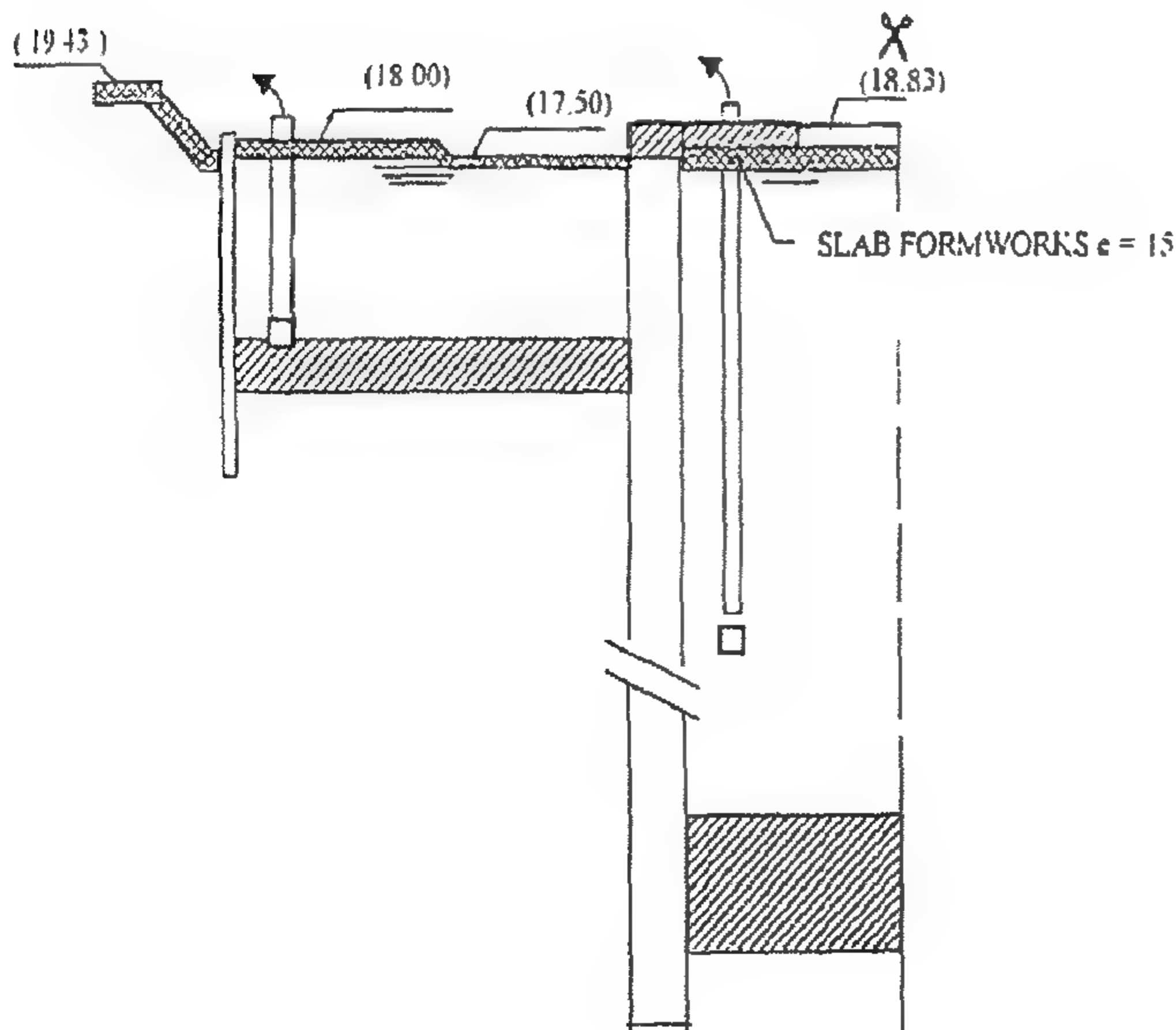
المرحلة الرابعة:

- ١ - صب و إنشاء السقف الرئيسي.
- ٢ - حفر في منطقة الملحق (منطقة حجز التذاكر)



المرحلة الخامسة:

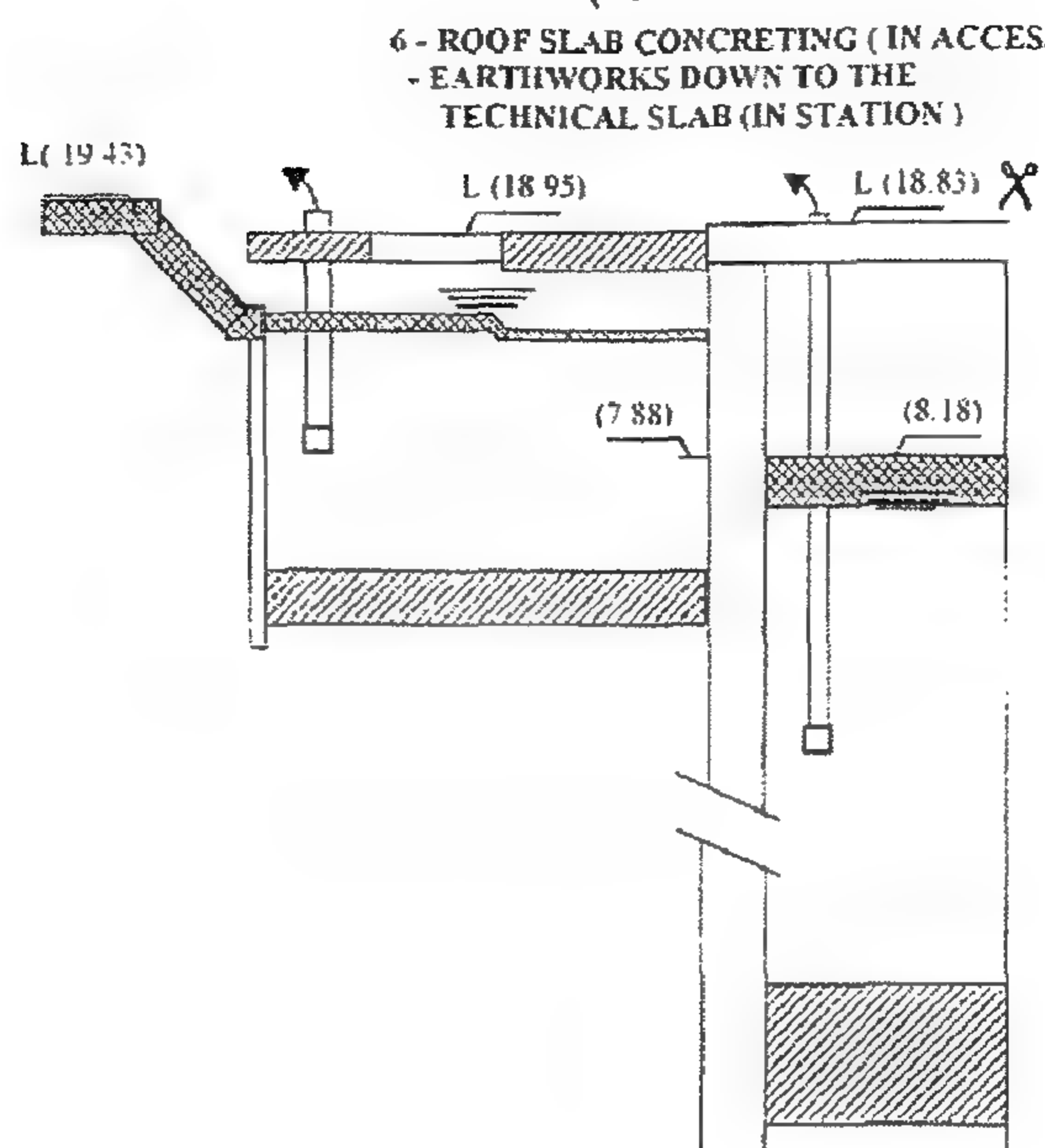
- ١ - صب سقف الملحق (غرفة صرف التذاكر).
- ٢ - الحفر داخل المحطة الرئيسية.



المرحلة السادسة:

١ - صب سقف المحطة الرئيسية.

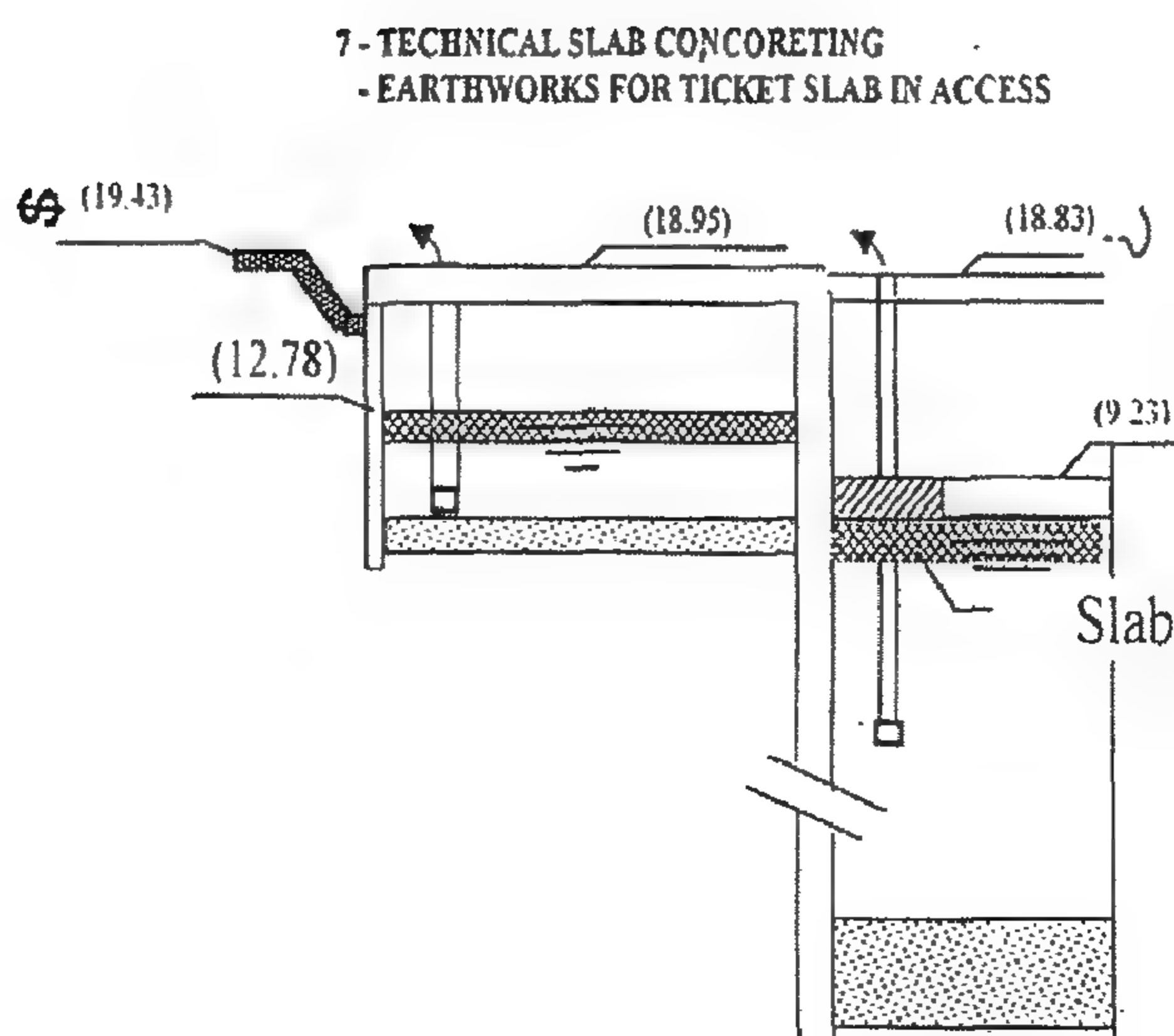
٢ - حفر الملحق (غرفة صرف التذاكر).



المرحلة السابعة:

١ - صب السقف للملحق (غرفة قطع التذاكر).

٢ - أعمال الحفر للملحق.

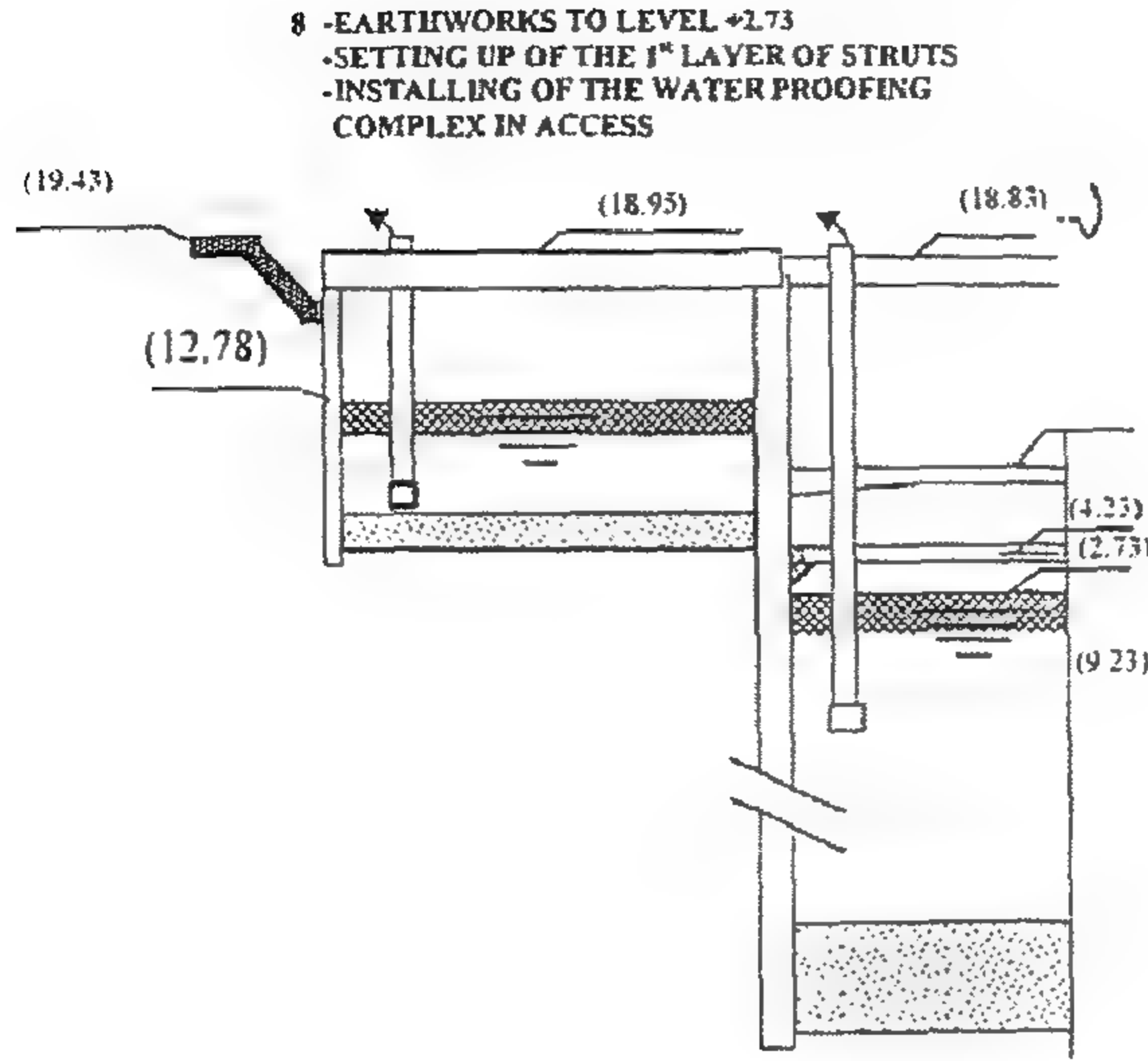


المرحلة الثامنة:

١ - أعمال الحفر لمنسوب حصيرة الأرضية.

٢ - وضع السنادات (الدكم).

٣ - تنفيذ أعمال العزل في المداخل.

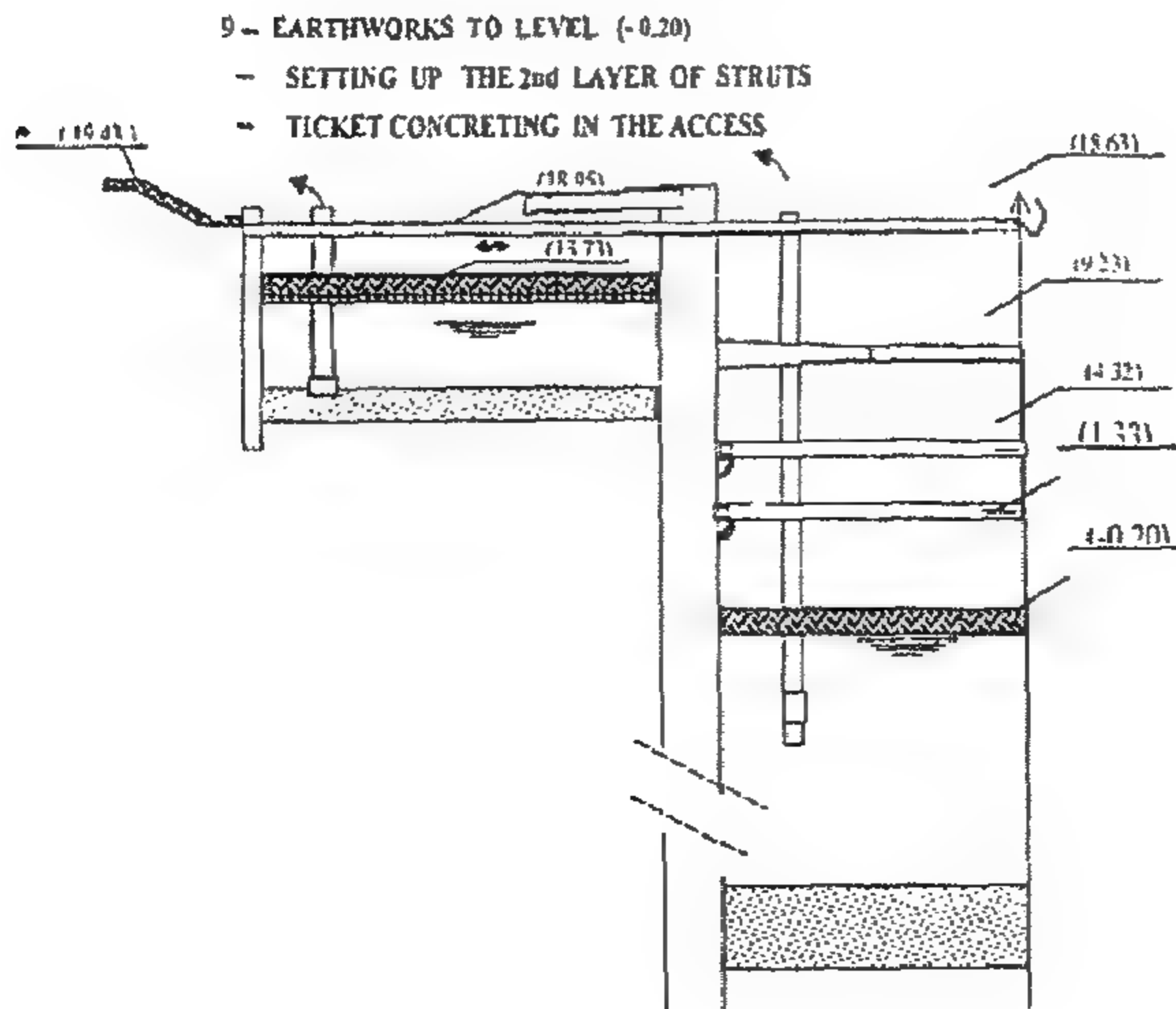


المرحلة التاسعة:

١ - حفر حتي منسوب الأرضية.

٢ - تنفيذ الصف الثاني من السنادات (الدكم)

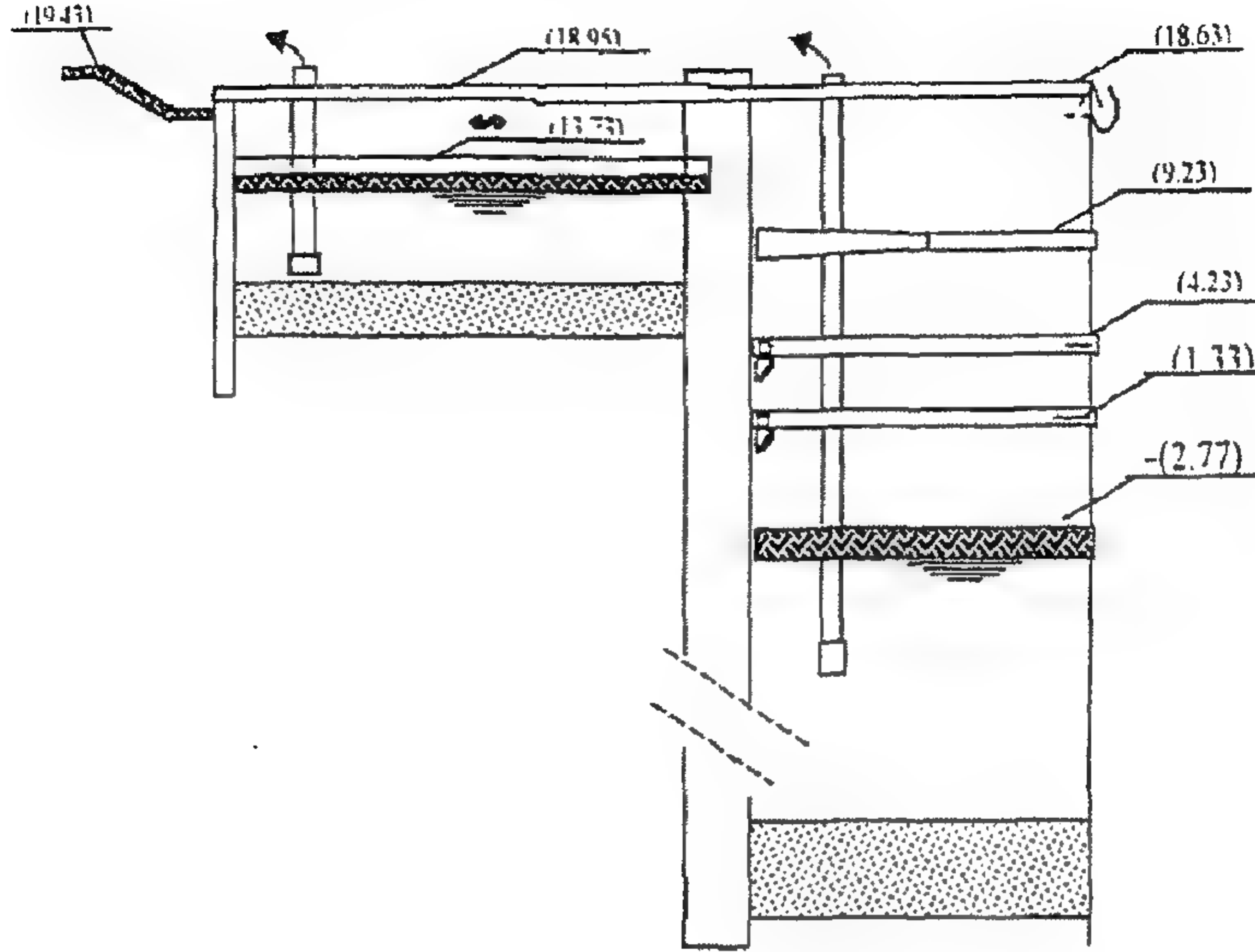
٣ - تنفيذ صب بلاطة السقف في منطقة قطع التذاكر.



المرحلة العاشرة :

١ - أستكمال أعمال الحفر للوصول الي حصيرة الأرضية

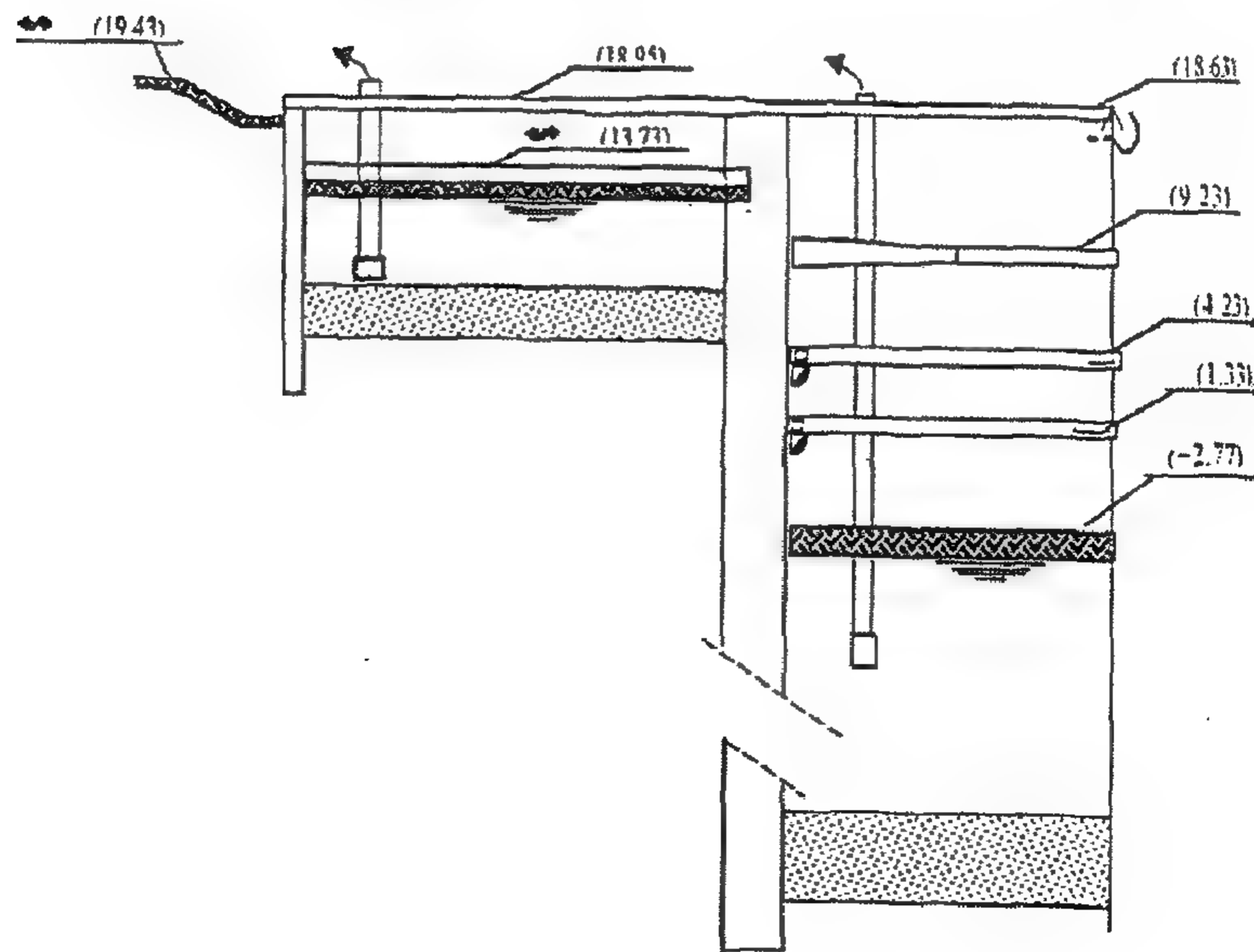
10 - EARTHWORKS TO LEVEL - 2.77 (ON A X E 11)



المرحلة الحادية عشر:

١ - تنفيذ أعمال العزل للمحطة.

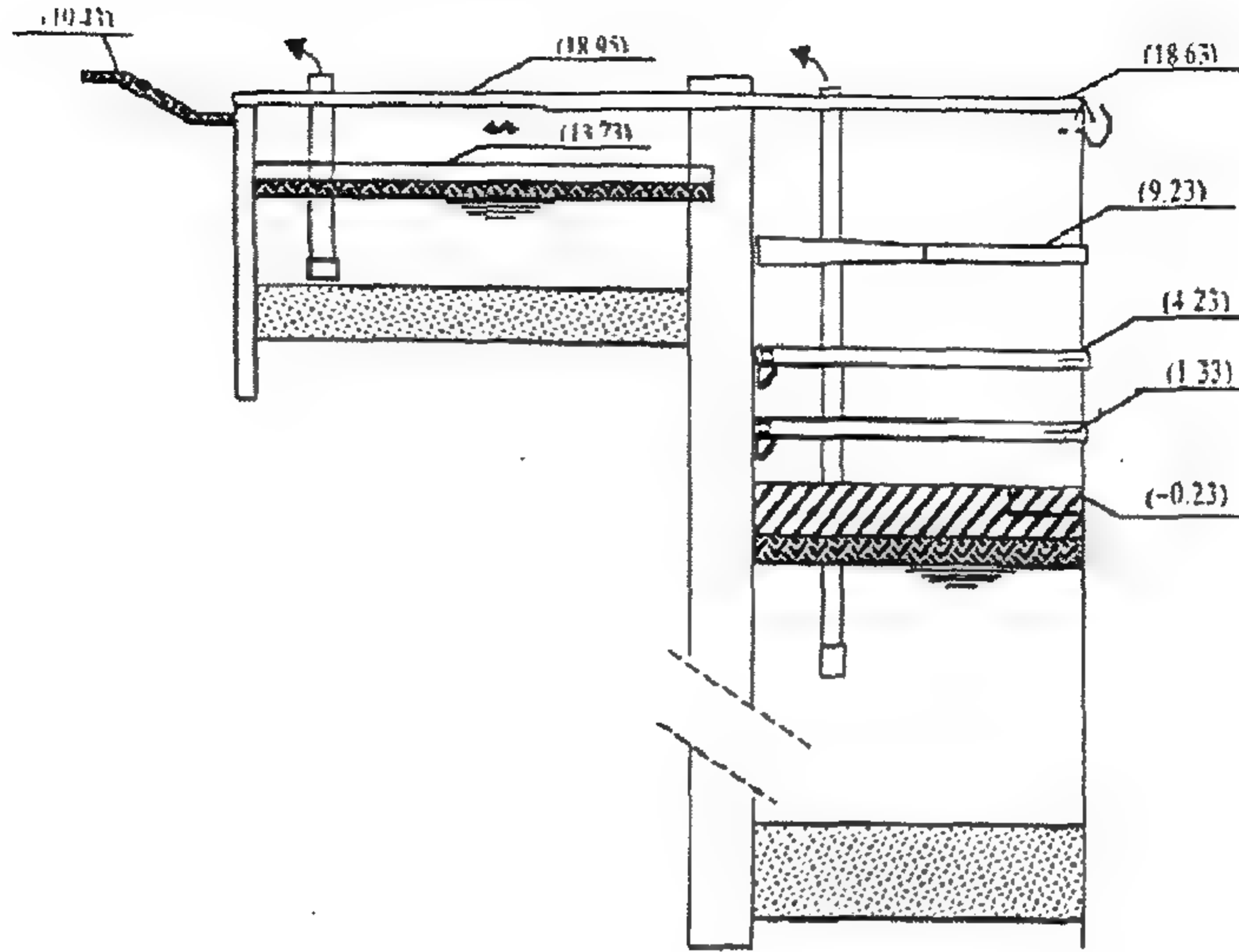
11 - INSTALLATION OF THE WATERPROOFING COMPLEX (IN STATION 1)



المرحلة الثانية عشر:

١ - صب خرسانة الأرضية في المحطة.

12 - RAFT CONCRETING (IN STATION1)

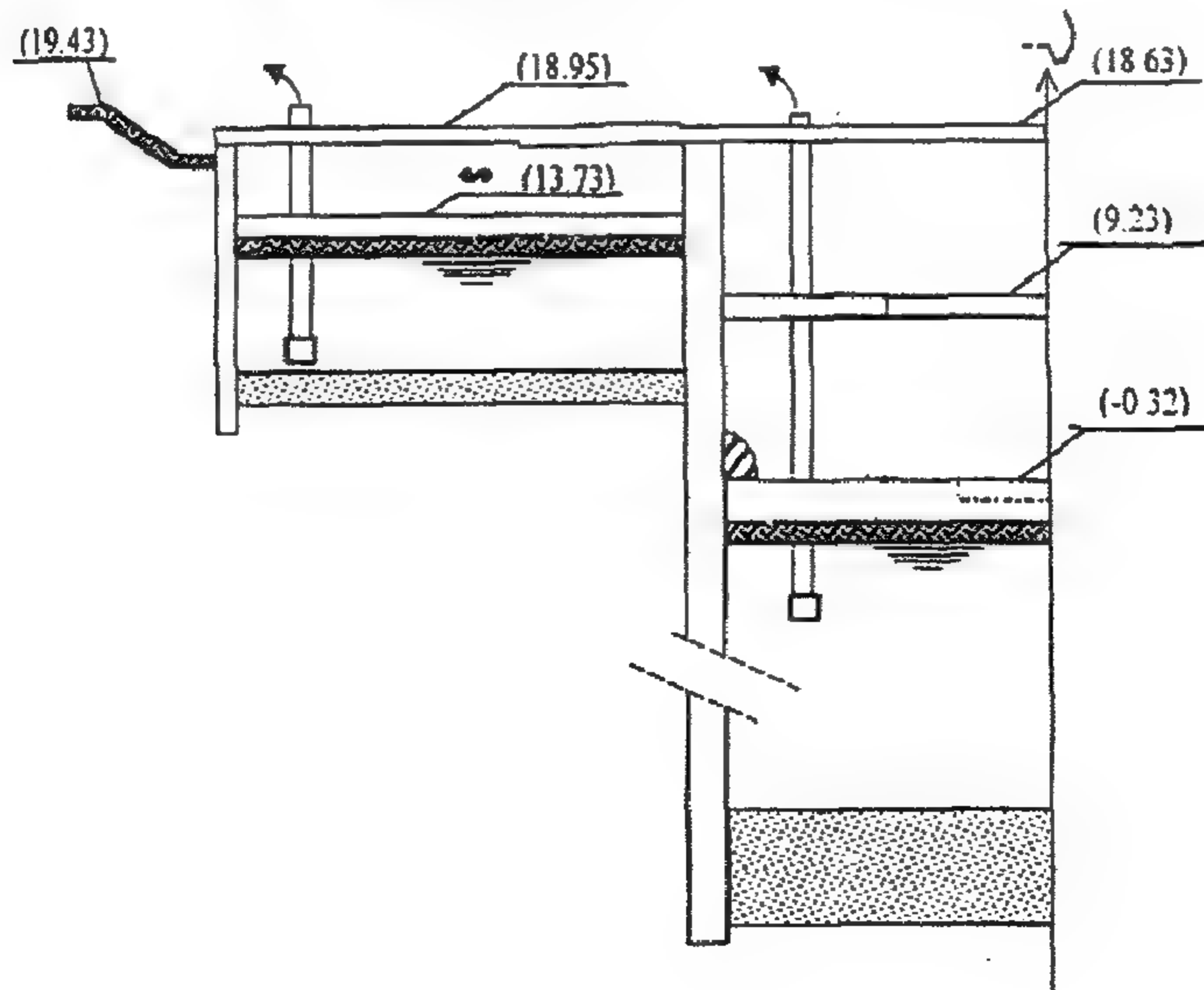


المرحلة الثالثة عشر:

١ - إزالة السنادات.

٢ - صب خرسانات (corbels) بجوار الحوائط الرئيسية للمساعدة في مقاومة الرشح

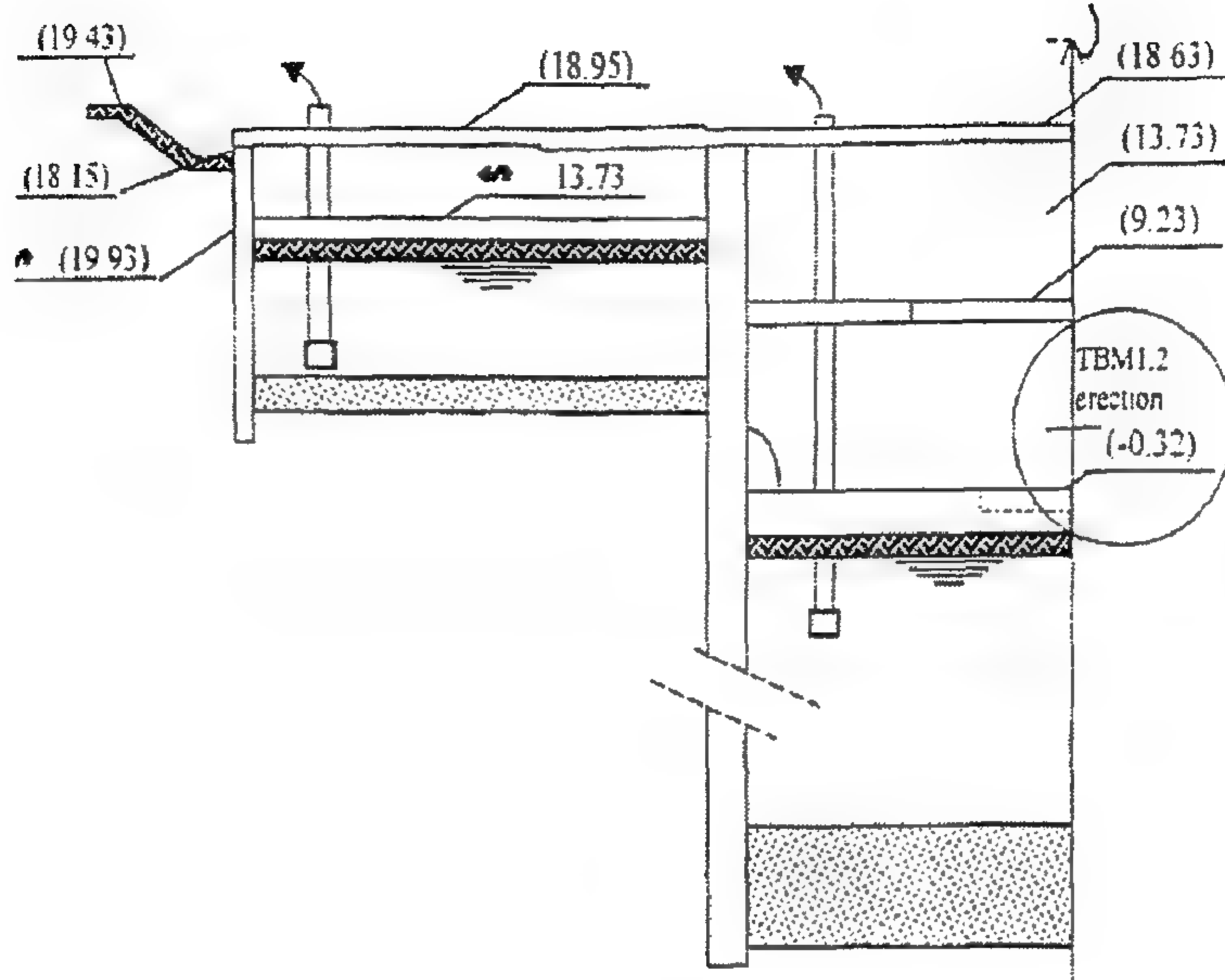
13 - STRUTS REMOVAL (STRUT AT LEVEL 4.23 IN FIRST)
- CORBELS CONCRETING



المرحلة الرابعة عشر:

١ - تركيب حفارة الأنفاق.

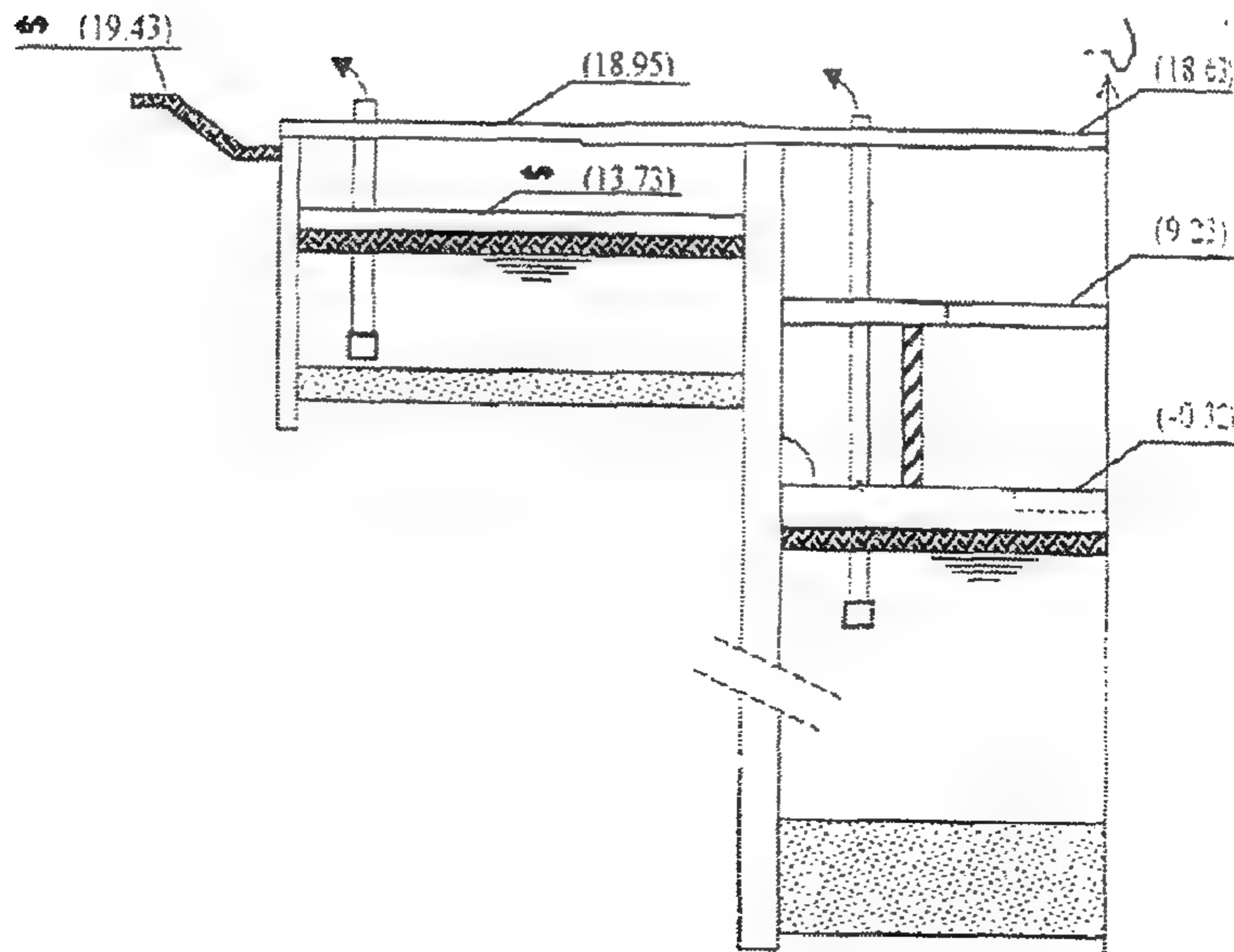
14 - TBM ١, 2 ERECTION



المرحلة الخامسة عشر:

١ - صب أعمدة وكمرات عند منسوب حصيرة الأرضية.

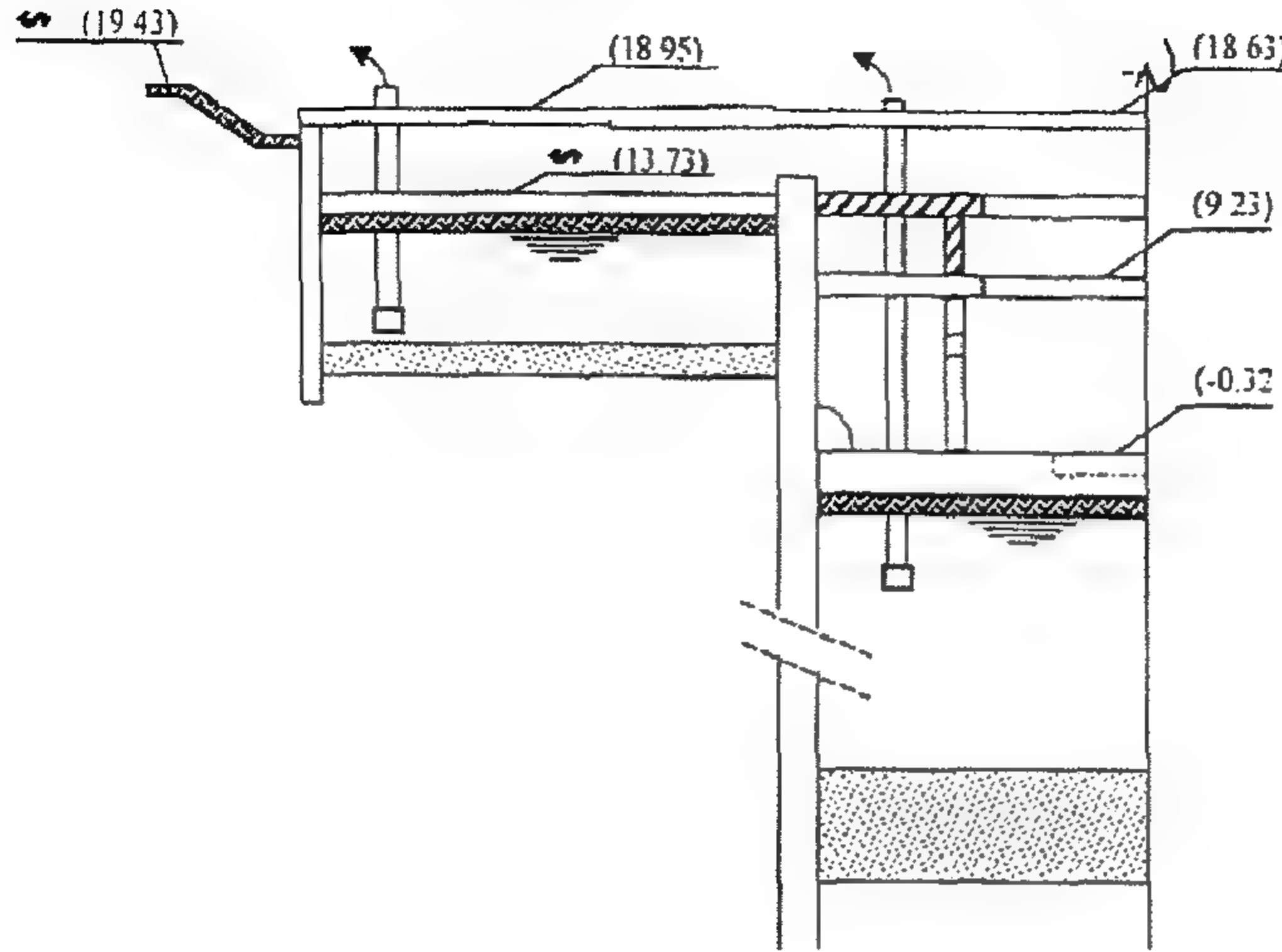
15 - COLUMNS & BEAMS CONCRETING AT RAFT LEVEL



المرحلة السادسة عشر:

١ - صب الأعمدة لملاحق قطع التذاكر.

16 - COLUMNS AT TECHNICAL LEVEL CONCRETING
- TICKET SLAB CONCRETING



المرحلة السابعة عشر:

١ - إيقاف ضخ المياه الجوفية في الجزء الرئيسي.

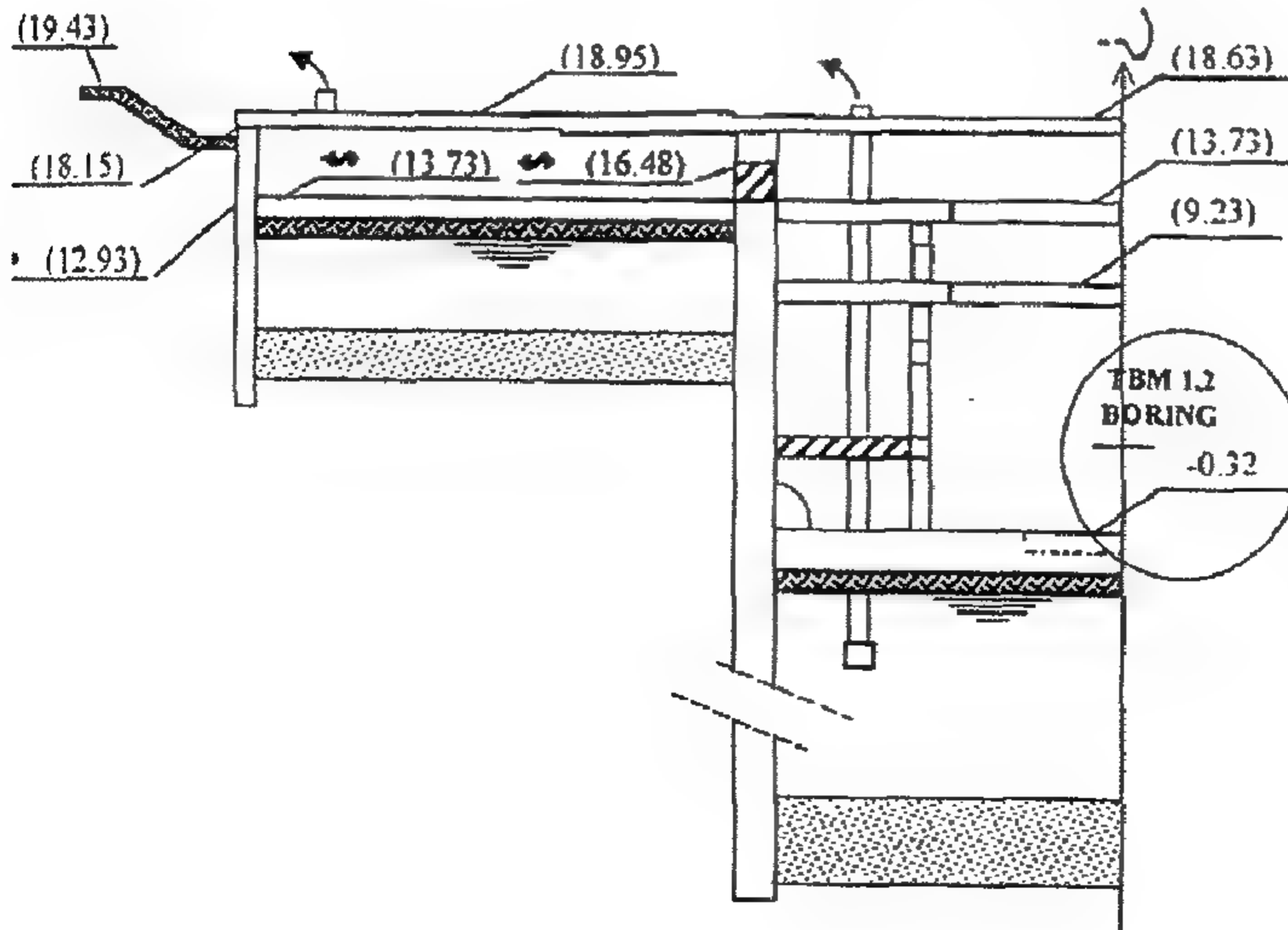
٢ - إنشاء الأرصفة.

٣ - إزالة الخرسانة من فتحة بين الجزء الرئيسي والمحطة.

7 - STOP PUMPING IN THE ACCESS

• PLATFORM CONCRETING (between axis A-B & D-F)

• DEMOLITION OF THE CONCRETED PART (opening between access & station)



المرحلة الثامنة عشر:

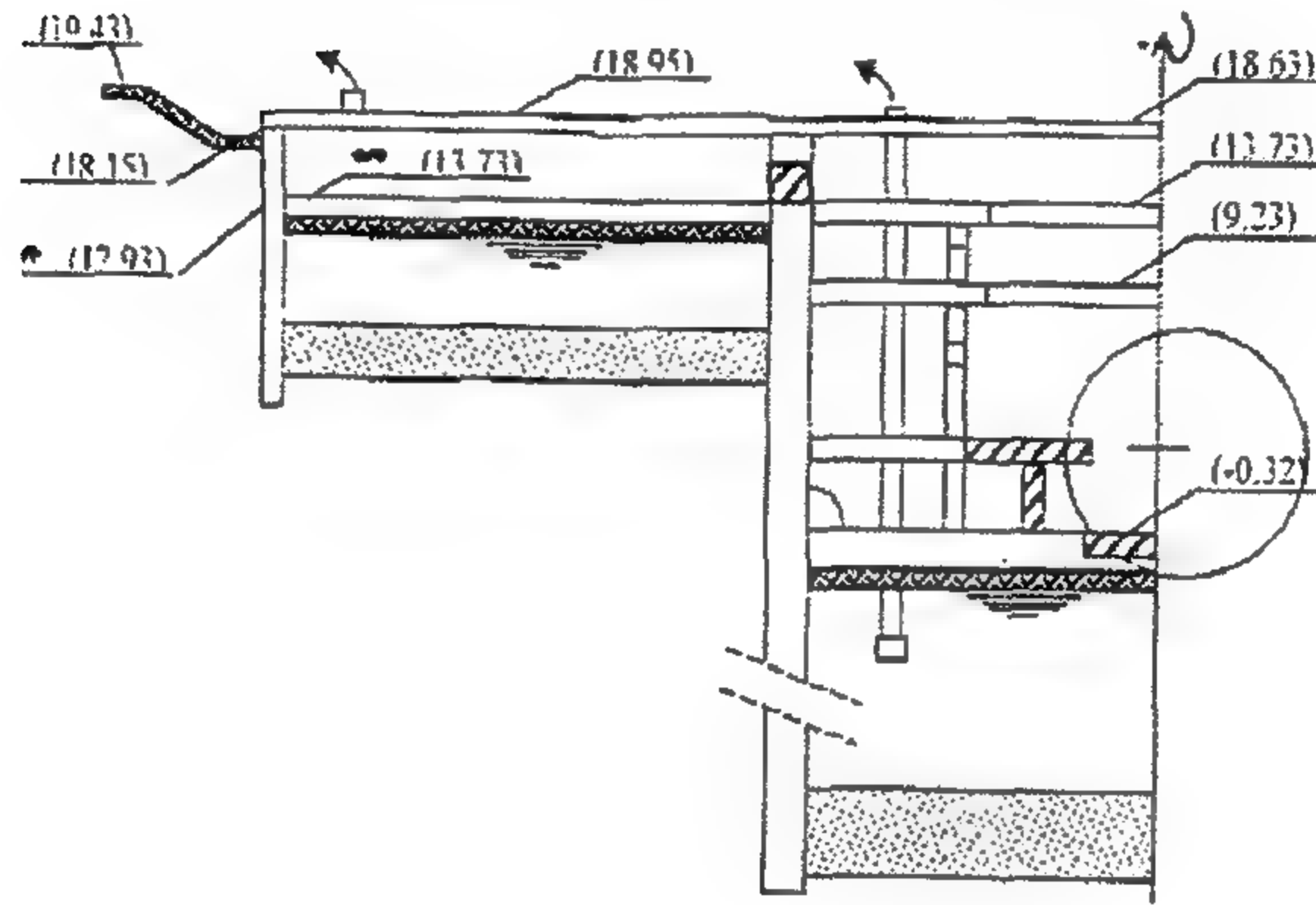
بعد أنتهاء عمل الحفارة ثم تفكيكها:

١ - أستكمال ما تبقي من خرسانات الأرضية.

٢ - تشطيب أرضية المحطة.

٣ - تنفيذ أعمدة بين المحطة والجزء الرئيسي.

- 18 - AFTER THE TBM 1&2 BORING AND DISASSEMBLING
- FILLING THE RAFT
 - PLATFORM FINISHING
 - EXECUTION OF COLUMN ON AXE 11 (between access & station)

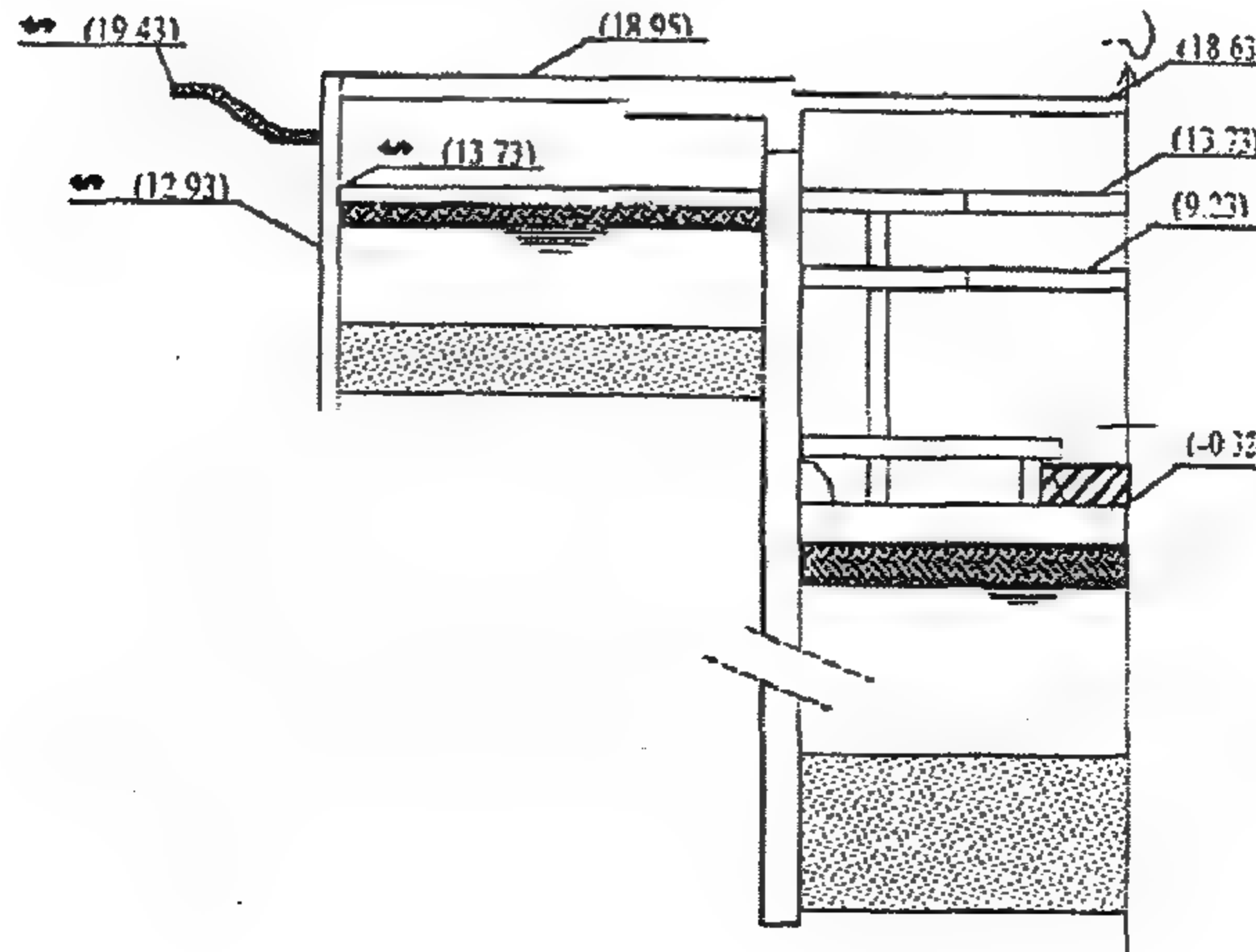


المرحلة التاسعة عشر:

١ - أستكمال صب حصيرة الأرضية.

٢ - توقف ضخ المياه الجوفية.

- 19 - FILLING THE RAFT
- STOP PUMPING IN THE STATION

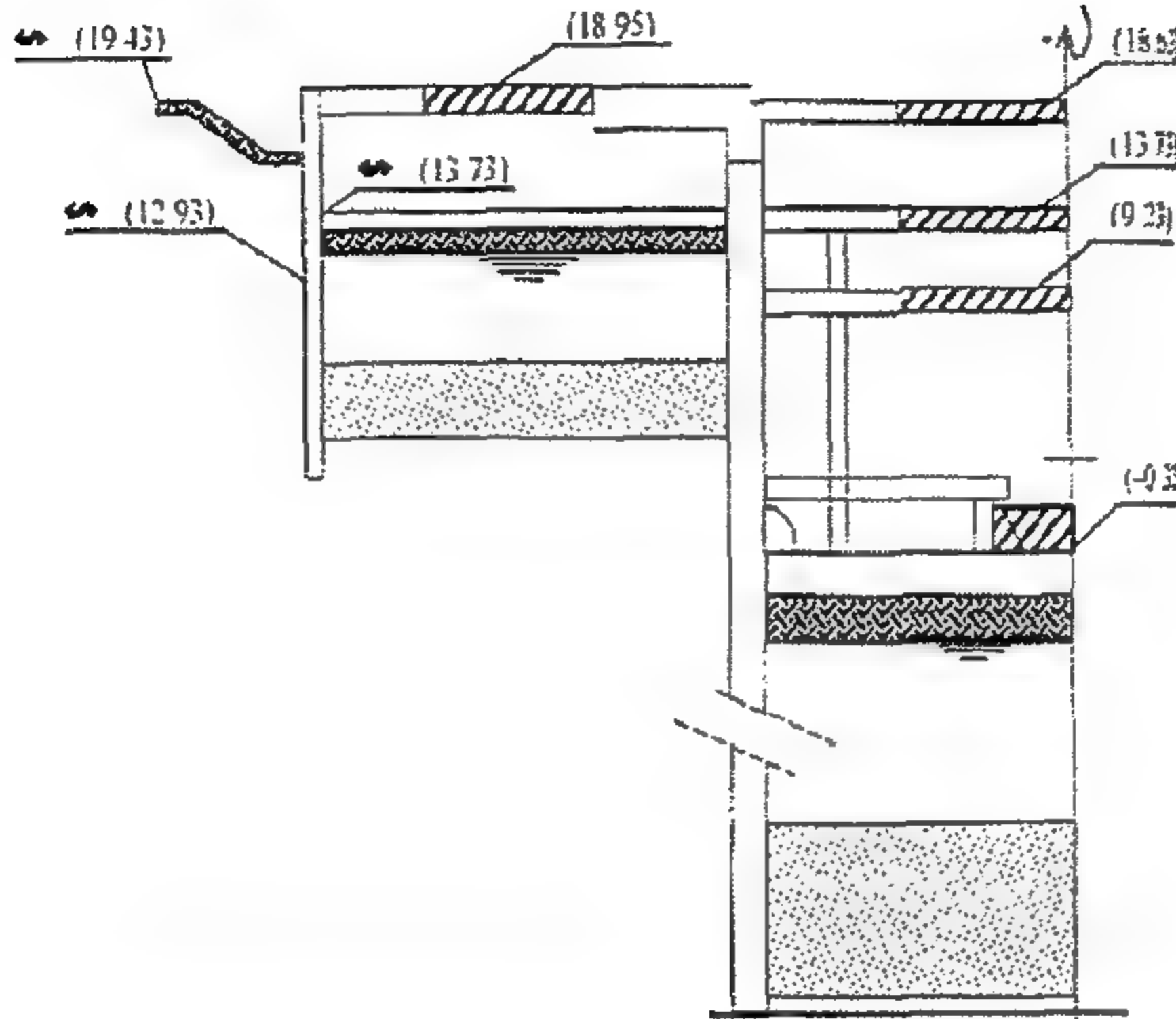


المرحلة العشرون :

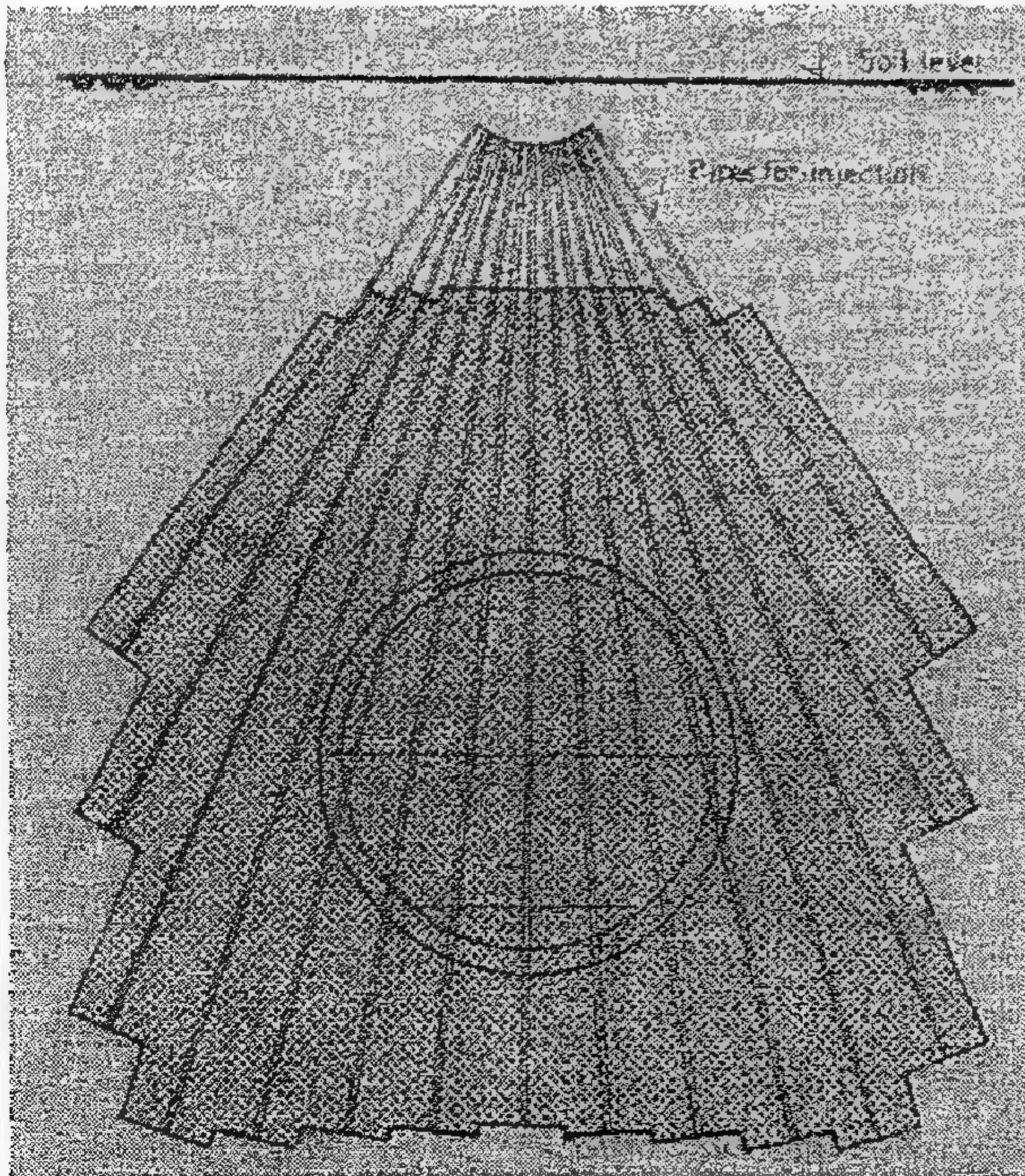
١ - صب الفتحة المؤقتة بالخرسانة في المحطة.

٢ - صب الفتحة المؤقتة بالخرسانة في المنطقة الرئيسية.

20 - TEMPORARY OPENING CONCRETING (IN STATION)
- TEMPORARY OPENING CONCRETING (IN ACCESS)
- AFTER EXECUTION OF ACCESS V 2A & 2B

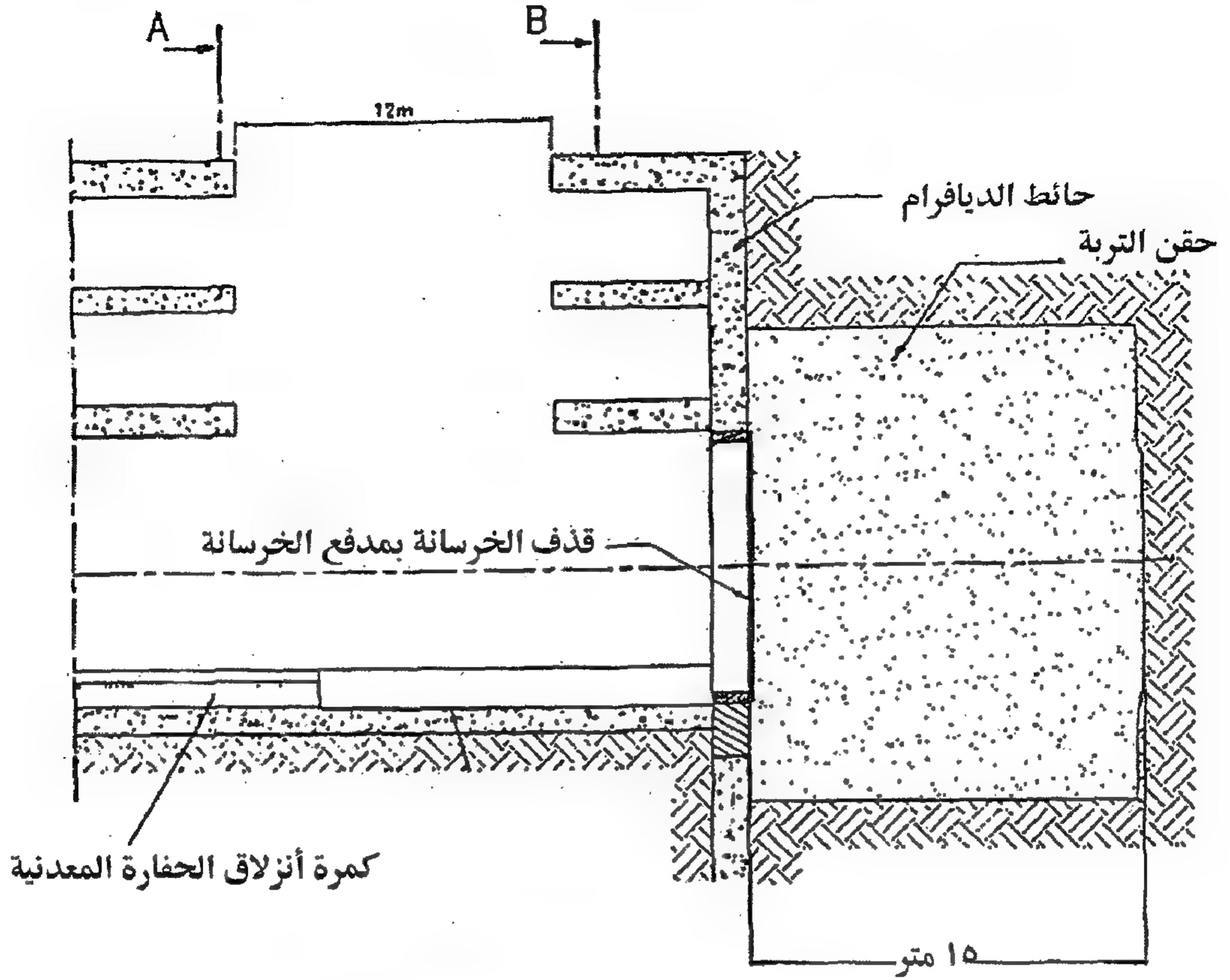


شكل (١٧) خطوات تنفيذ النحلة



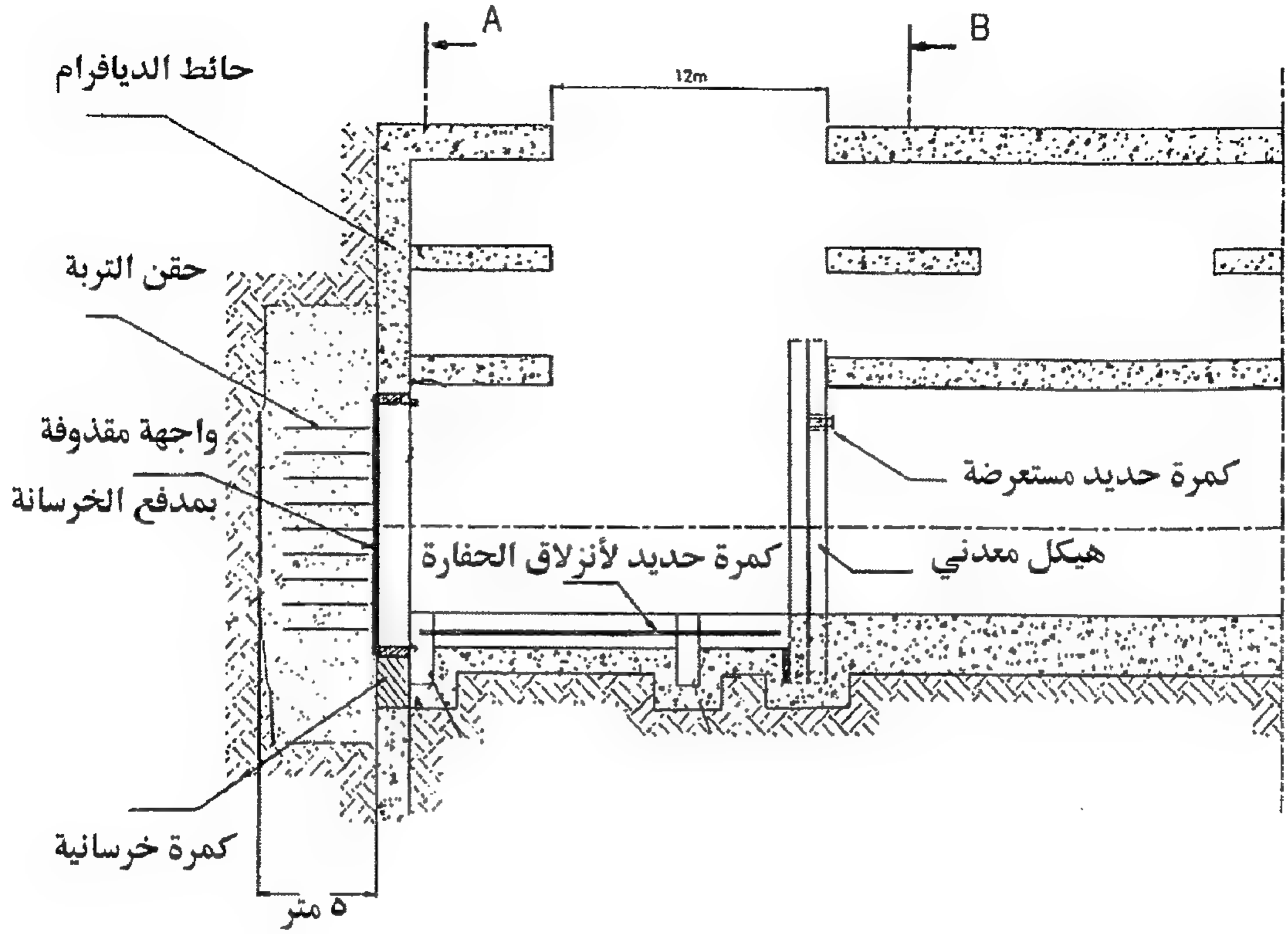
حقن النفق عند مدخل ومخرج النفق من و الي المحطة

قطاعات عرضية في المحطات توضح التفاصيل لتنفيذ الأعمال



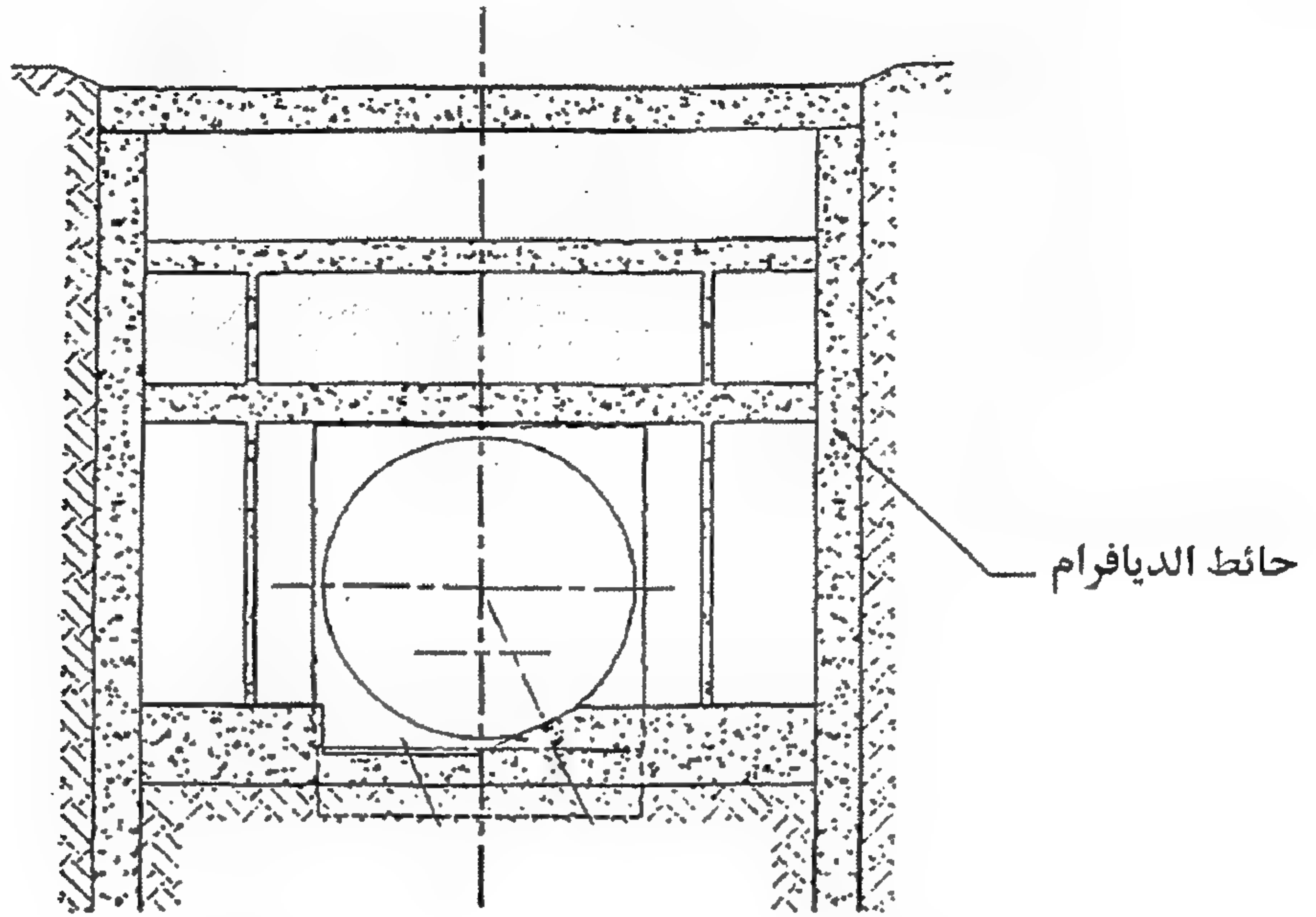
دخول الحفارة الى المحطة - مترو أنفاق القاهرة

عند دخول الحفارة الى المحطة - يتم حقن منطقة الدخول بسمك ١٥ متر - ويدعم بخرسانة عند ابتداء حائط المحطة وفتحة دخول الحفارة باستعمال مدفع الخرسانة.



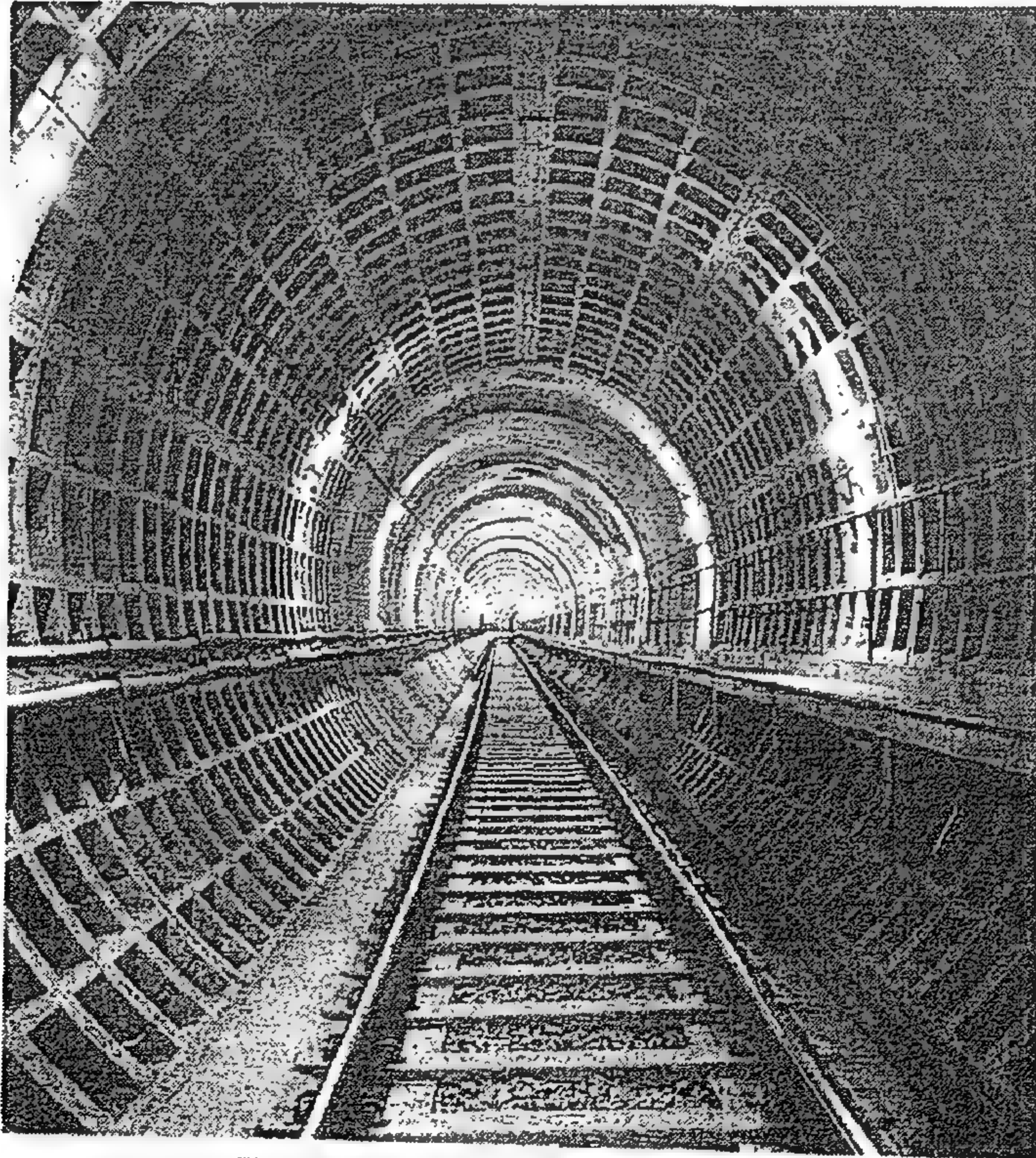
خروج الحفارة من المحطة في اتجاه النفق

عند الخروج ، تحقن المنطقة الأمامية بالحقن لمسافة ٥ أمتار مع تدعيم منطقة الخروج مع الحائط بالخرسانة بواسطة مدفع الخرسانة . يوضع أيضا عازلا عند المخرج مباشرة من المطاط علي محيط الفتحة لمنع تسرب أي مياه رشح . يوضح الشكل ، الحفارة في مكانها المحدد وكذلك المحطة - لاحظ الفتحات (١٢ متر × ١٢ متر) بالأسقف للتمكين من نزول أجزاء الحفارة - هذه الفتحات يعاد صبها بعد أتمام العمل.



المحطة بعد انتهاء صب الخرسانات - مترو أنفاق القاهرة

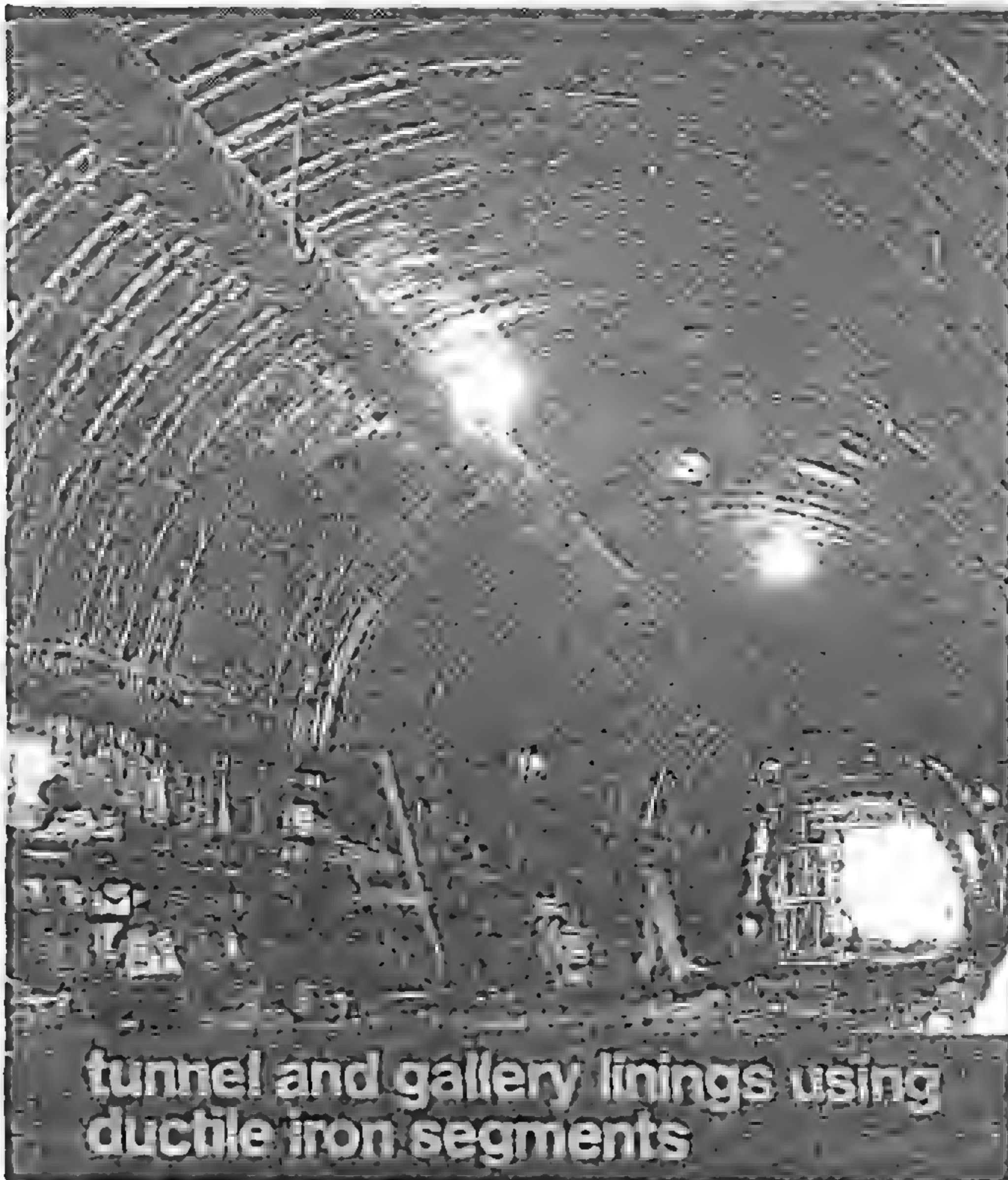
نماذج من أنفاق مجرأة



LIVERPOOL LINK



CARSINGTON
RESERVOIR TUNNEL



tunnel and gallery linings using
ductile iron segments

حفارة نفق مترو القاهرة الكبرى

GREATER CAIRO SUBWAY (Lines 1 & 2) - Cairo



Al-Azhar Road Tunnels - Cairo



نفق الأزهر - القاهرة الكبرى

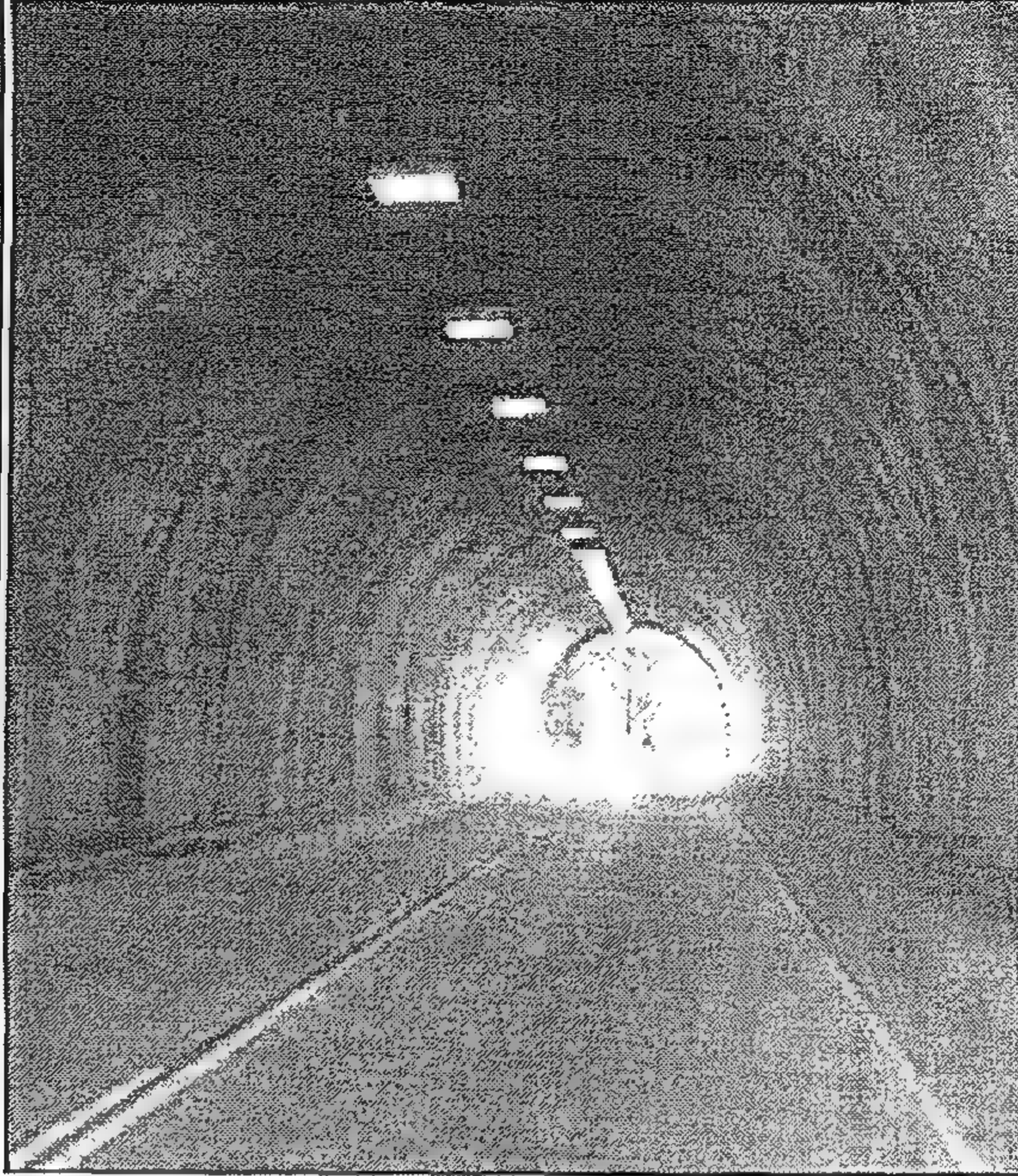
المراجع

- ١ - مشروع أنفاق المجاري الرئيسية بالقاهرة الكبرى .
- ٢ - مشروع أنفاق القاهرة الكبرى .
- ٣ - مشروع نفق الشهيد أحمد حمدي .
- ٤ - مؤتمر الأنفاق بالقاهرة ١٩٩٤ .
- ٥ - كتالوجات المصانع .
- ٦ - معهد التدريب الفني والمهني - شركة المقاولون العرب .

1

الإنشاءات المتميزة

مقارنات إنشاء



الباب السادس

الأنفاق في الصخور

ROCK TUNNELS

الأنفاق في الصخور

Rock Tunnels

السلوك الميكانيكي للصخور :

تنقسم الصخور من حيث سلوكها الميكانيكي الي نوعين رئيسين :

- ١ - صخور قوية : و هي التي يمكن إنشاء النفق بها دون حاجة الي عمل صلبات أو دعائم لحمايتها من الانهيار .
- ٢ - صخور ضعيفة : وهي التي لا يمكن إنشاء النفق بها دون إقامة دعائم قوية تحميها .

و نتيجة لوجود فتحة النفق داخل القطاع الصخري - فإنه يحدث تركيز للأجهادات حول هذه الفتحة - فإذا زادت هذه الأجهادات عن قوة الصخور للشد أو الضغط أو القص فإنه يحدث كسر في هذه الطبقة و تحدث حالة انهيار و تتساقط الصخور في هذه المنطقة مسببة أحمالا إضافية علي الدعائم و العكس صحيح ، فإنه اذا كانت الأجهادات حول فتحة النفق أقل من تحمل الصخور للشد أو الضغط أو القص - فإنه لا حاجة الي دعائم لصلب هذه الصخور .

تنفذ الأنفاق في الصخور بطريقتين :

- ١ - طريقة التخريم و النسف .
- ٢ - استخدام الحفارة الميكانيكية و الدرع .

أولا : طريقة التخريم و النسف :

تتبع الخطوات الآتية :

أ - توقيع أماكن التخريم و استخدام معدات التخريم في عمل الثقوب المطلوبة .

ب - وضع المفرقات بالكمية المناسبة و إنهاء عملية النسف .

ج - عمل التهوية و إزالة الغبار الناتج من عملية النسف .

د - تحميل و نقل ناتج النسف خارج النفق .

و - التخلص من المياه الأرضية أن وجدت .

س - وضع الدعائم للسقف و الجوانب .

ص - وضع حديد التسليح و صب خرسانة التثبيت .

أ - توقيع أماكن التخريم :

يتوقف عدد الثقوب علي قطر النفق - فإذا كان قطر النفق ١٢ - ١٤ قدم فيتم عمل ثقب كل ٥ قدم مربع . أما إذا كان قطر النفق أقل من ذلك - فيتم عمل ثقب كل ٢,٥ قدم مربع .

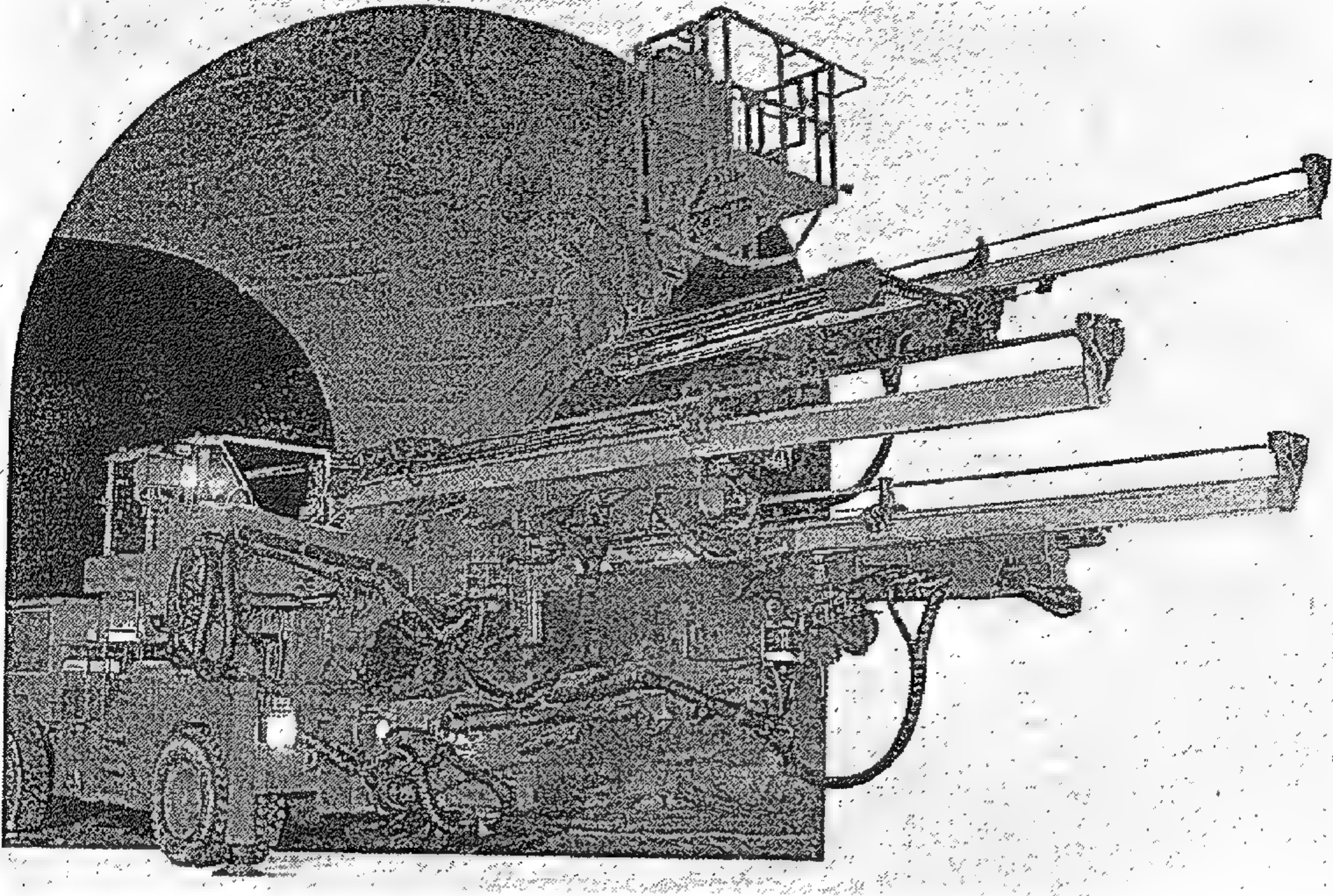
أما إذا كان القطر أكبر من ذلك فيعمل ثقب كل ٦ - ٧ قدم مربع . و يحدد نوع الصخور أيضا عدد هذه الثقوب - فالصخور النارية تحتاج الي ضعف عدد الثقوب للصخور الرسوبية . تستخدم شواكيش تخريم قطرها ٢" - ٥" و يكون الثقب متعامد مع سطح النفق .

و في حالة وجود تشققات طبيعية في الصخور فإنه يجب أن يكون الثقب متعامدا علي مستويات هذه التشققات .

تستعمل الأنواع الآتية من معدات التخريم لعمل الثقوب :

١ - شاكوش التخريم الدقاق Percussion Drill :

و تستخدم بنط شديدة الصلابة مصنوعة من التتجستن كارييد و تستهلك هذه البنط كل ٤٠٠ - ٨٠٠ قدم طولي - شكل (١) .



شكل (١) آلة ثقب الصخور

٢ - شاكوش التخريم الدوار Rotary Drill :

و هو مناسب لعمل الثقوب في طبقات الصخر الأقل صلابة .

٣ - شاكوش التخريم الحلزوني الدوار Auger Drill :

و هو مناسب للصخور الضعيفة جدا - و هذا النوع يعتمد في تشغيله علي ضغط الهواء .

ملاحظة :

بالنسبة للأنفاق ذات الأقطار الكبيرة - تستخدم آلات تخريم حديثة تشمل عدة أذرع للتثقيب . و تعتمد في تشغيلها علي نظام هيدروليكي خاص و تعمل في وقت واحد و يطلق عليها أسم جامبو Jumbo . و هو عبارة عن ماكينة تتحرك علي عجل كاوتش أو مجنزرة للسير عليها - كل ذراع من الأذرع السابقة عبارته عن شاكوش تخريم و ذلك لإنجاز عمل عدة ثقوب في وقت واحد - شكل (١) .

توزيع الثقوب بقطاع النفق :

تنقسم الثقوب الي ثلاثة مجموعات رئيسية :

١ - ثقوب الوسط .

٢ - ثقوب النسف .

٣ - ثقوب تحديد قطاع النفق .

تبدأ عملية النسف بنسف المجموعه الأولي (ثقوب الوسط) و هي تعتبر و سيلة لتفريغ الصخور من وسط قطاع النفق - و هذا التفريغ من المنتصف يزيد من كفاءه ثقوب تحديد القطاع و التي تحدد القطاع النهائي للنفق . و عادة تكون عملية النسف للمجموعات الثلاث المذكوره متتالية و بفاصل زمني بسيط جدا لا يتجاوز جزء من الثانية . و يمكن الوصول الي هذا العمل باستخدام أجهزة النسف الكهربائية الدقيقة و التي تمكننا من أستغلال طاقة النسف كلها - فبعد تفجير المجموعه الأولي تتحرك موجة النسف بسرعة كبيرة في جميع الاتجاهات و هذه الموجه عند بلوغ أقصاها في داخل منطقه صخور المجموعه الثانية لا تكون وحدها كافية لتفتيت منطقه صخورالمجموعه الثانية ، ألا أنها تعتبر عاملا مساعدا لثقوب المجموعه الثانية و التي تكون قد بدأت في الانفجار و تفتتت صخور المجموعه الثانية ثم تبدأ المجموعه الثالثة في الانفجار في نفس اللحظة التي تبلغ قوي التضاغط الناتجة عن تأثير نسف المجموعتين السابقتين أقصاها .

ب - وضع المفرقات بالكمية المناسبة و إنهاء عملية النسف .

تختلف كمية النواسف اللازمة للمتر المكعب علي العوامل الآتية :

١ - مساحه المقطع .

٢ - قوه تماسك الصخور .

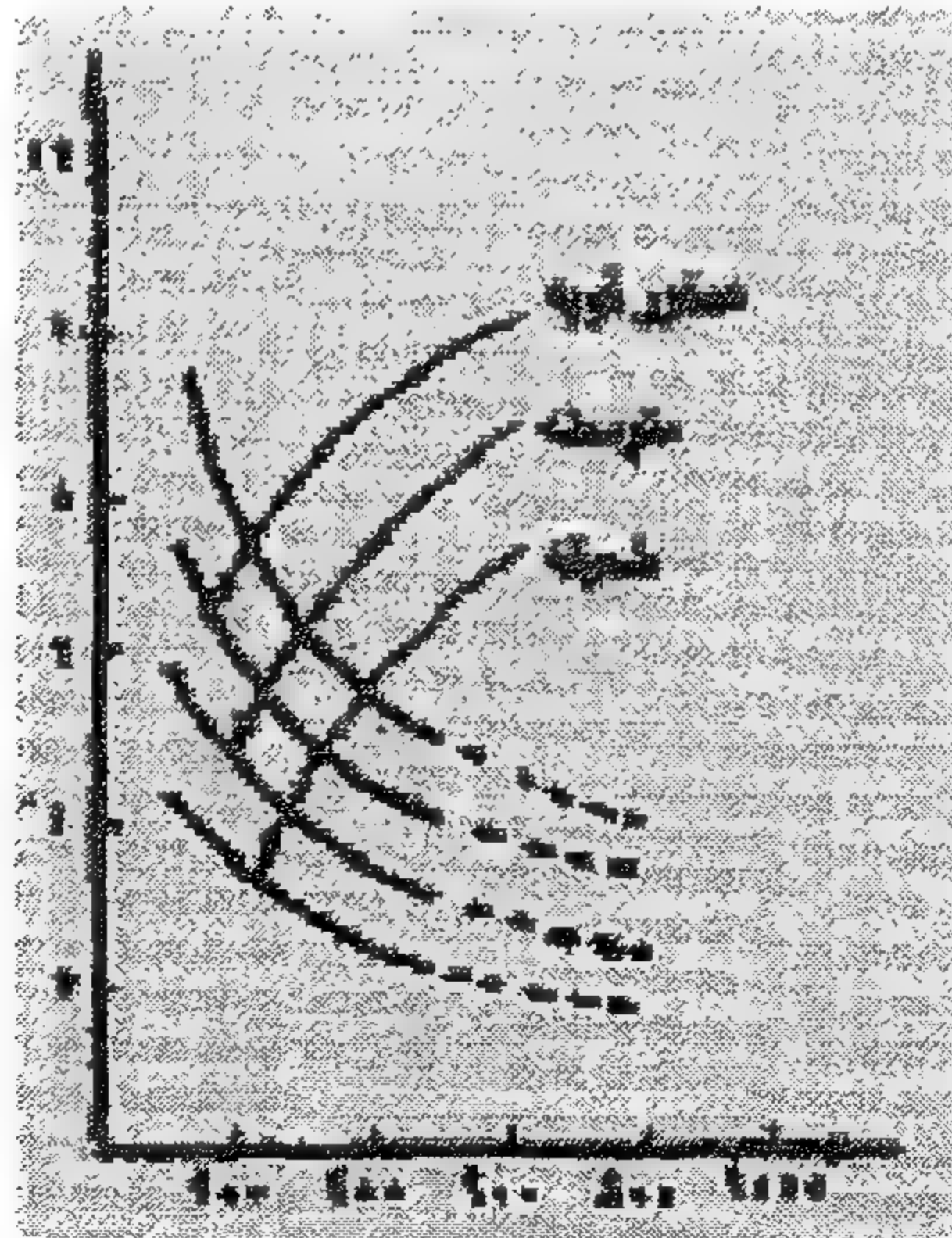
٣ - نوع المفرقات .

مثال :

واجهة نفق مساحتها ١٠٠ قدم مربع في صخور جرانيتية صلبة يلزمها ١٠ أرطال ديناميت للياردة المكعبة - بينما واجهة أخرى مساحتها ٨٠٠ قدم مربع في طبقة صخور رسوبية يلزمها أقل من رطل واحد للياردة المكعبة .
و المنحنيات التالية - شكل (٢) تبين النسب التقريبية لمعدل أستهلاك الديناميت البودرة للياردة المكعبة لمساحات متعددة لواجهة الأنفاق مع صخور مختلفة الصلابة .

يعبأ كل ثقب بالمقدار المحدد من الشحنة الناسفة و تشعل الشحنة بواسطة الكبسول الكهربائي مع أستخدام كبسول موقوت بفترات منتظمة . توصل الكبسولات الكهربائية علي التوازي و توصل بكابل متصل بجهاز التفجير الكهربائي . يجري النسف من بعد لا يقل عن ١٠٠٠ قدم من الواجهة مع استخدام كافة متطلبات الأمان اللازمة و الكافية .

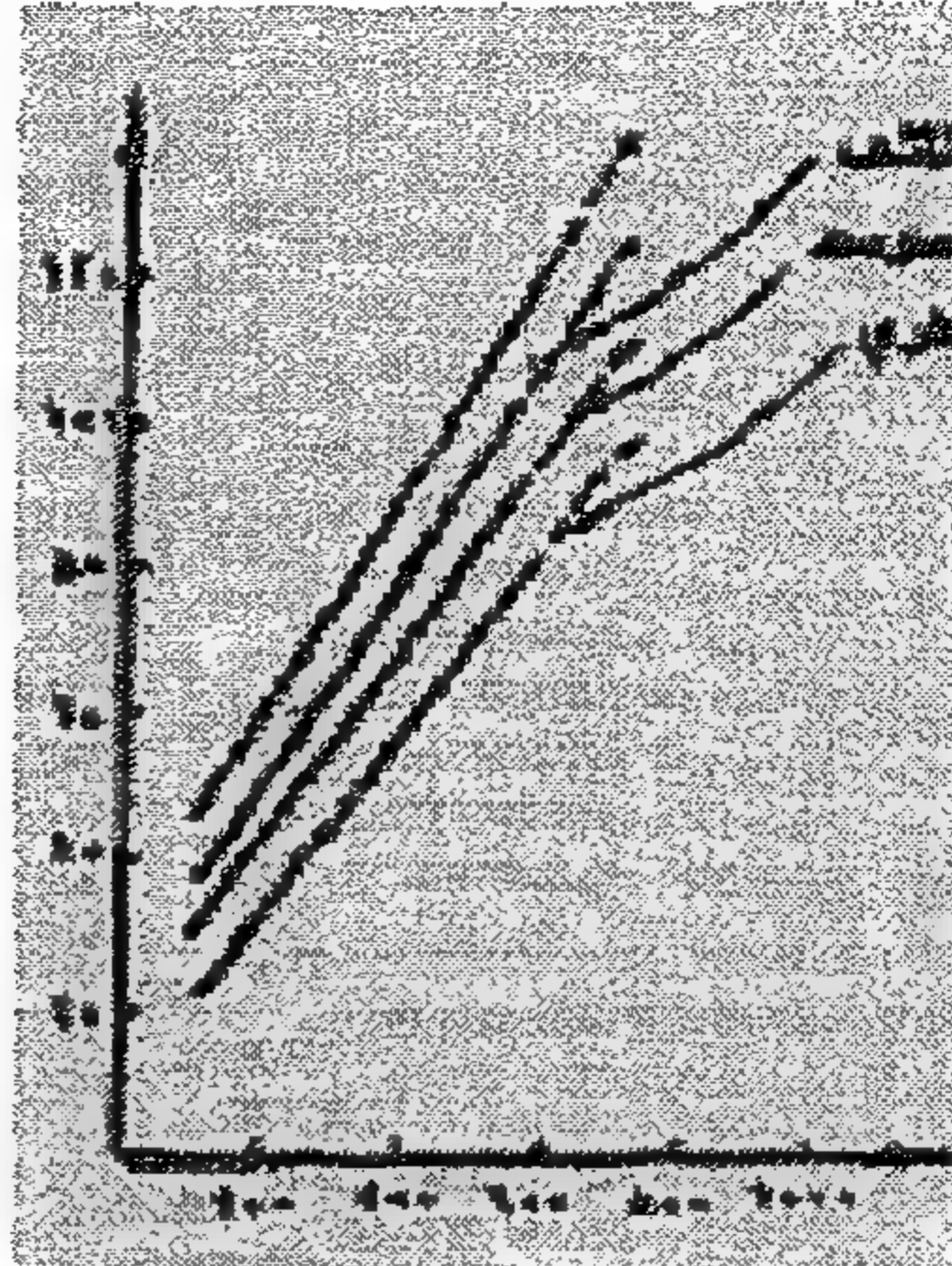
عدد أرطال الديناميت اللازمة للياردة المكعبة



مساحة واجهة النفق

(قدم ٢)

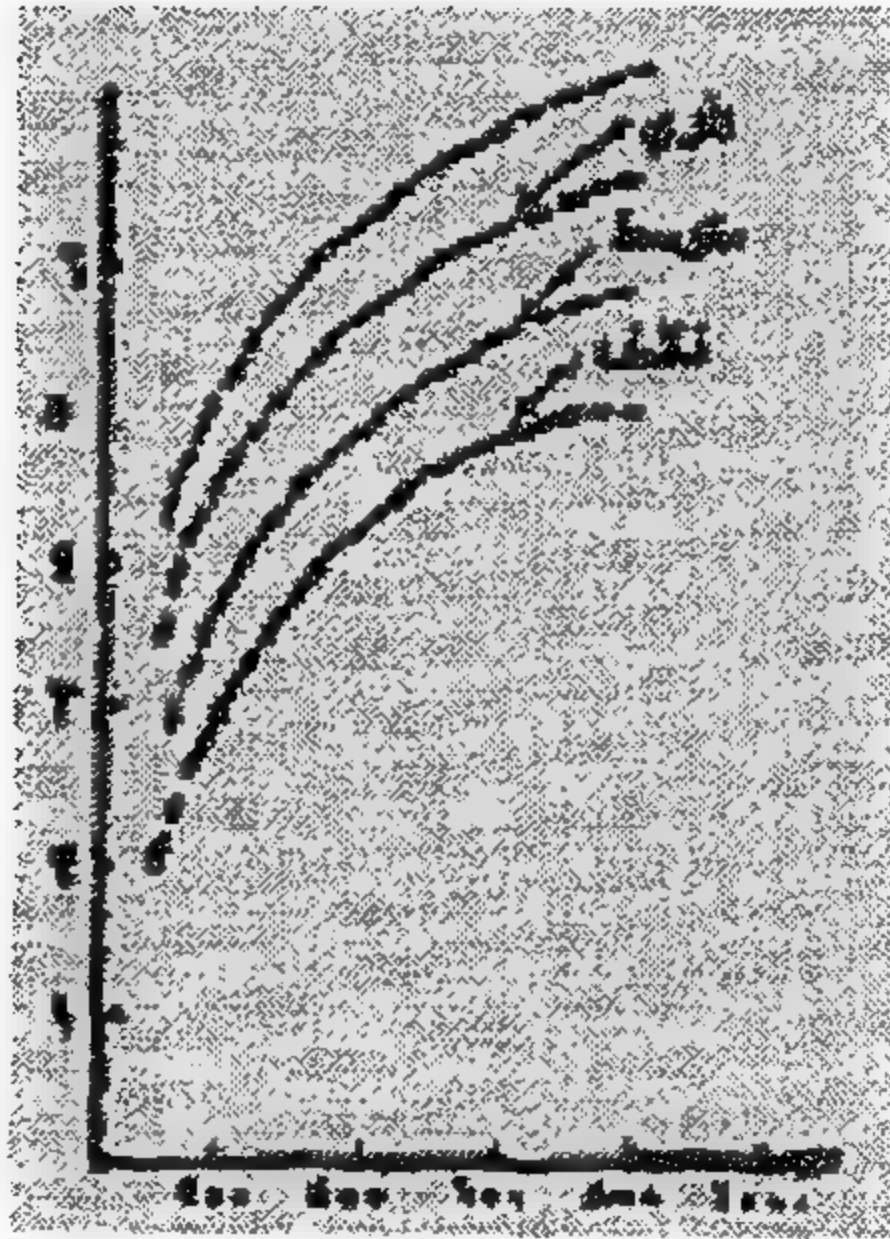
عدد الثقوب اللازمة



مساحة واجهة النفق (قدم ٢)

عدد الثقوب المطلوبة / قدم مربع من مساحة
الواجهة

الأقدام المربعة من واجهة
النفق لكل ثقب (قدم ٢) / ثقب



مساحة واجهة النفق (قدم ٢)

ما يتطلبه الثقب الواحد من الأقدام المربعة

شكل (٢)

النسب التقريبية لمعدل استهلاك الديناميت البودرة للياردة المكعبة لمساحات متعددة

لواجهة الأنفاق مع صخور مختلفة الصلابة

ج - التهوية و إزالة الغبار الناتج عن عملية النسف :

و هي أحدي العمليات الضرورية للعمل ، حيث ينتج دخان و غاز كثيف ناتج عن

عملية النسف لا بد من التخلص منه حفاظا علي صحة العاملين . ويتم عمل نظم

التهوية بالطرق الآتية :

١- دفع الهواء البارد :

و يتم ذلك بتركيب مروحة ذات قدرة متوسطة تتوقف علي طول و قطاع النفق .
تركب المروحة عند مدخل النفق و تدفع الهواء خلال أنبوب معلق في سقف النفق
حتي آخر النفق حيث يوجد العمال . تصنع أنابيب الهواء من المطاط الصناعي
الغير قابل للأحترق و بقطر ٦٠٠ - ١٠٠٠ مم ، و يراعي استخدام ماسورة
متحركة عند واجهة النفق يتم فكها عند إجراء عملية النسف و يعاد تركيبها بعد
نهو النسف .

٢ - سحب الدخان و الغبار :

يتم تركيب مروحة سحب (شفط) أمام واجهة النفق - تقوم المروحة بشفط
الدخان و الغبار خلال مواسير الي خارج النفق .

٣ - دفع الهواء و سحب الدخان :

و يكون ذلك باستخدام نوع خاص من المراوح يمكنها من دفع الهواء أو تحويلها
الي نظام سحب الدخان - ويمكن التحول بين النظامين بسرعة . هذا النظام
يفضل استخدامه في الأنفاق التي يجري بها أعمال النسف .

ينبغي رش جدران النفق بالمياه أثناء التنفيذ للأقلال من كمية الأتربة المنتشرة .
تحتسب الكمية اللازمة من الهواء كالآتي :

١٠٠ قدم مكعب / دقيقة / عامل .

٥٠ قدم مكعب / دقيقة / قدم مربع من قطاع النفق . و نختار أيهما أكبر .

و إذا استخدمت سيارات تعمل بالديزل في نقل نواتج التفجير - فإنه يلزم ٧٥ قدم
مكعب (إضافي) من الهواء في الدقيقة الواحدة لكل حصان من قدرة المعدة .
من العوامل السابقة يمكن حساب قدرة مراوح الشفط أو ضخ الهواء و المواسير و
خلافه .

د - تحميل و نقل ناتج النسف خارج النفق .

١ - استخدام الحفارات أو اللوادر في تحميل هذه النواتج علي سيارات قلاب أو

عربات ديكوفيل تجرها قاطرة أو الدناير - شكل (٣) .

٢ - السيور الناقلية : توضع نواتج التفجير على السيور التي تنقلها الى خارج النفق و تحميلها على السيارات القلاب .

٣ - عربات الديكوفيل التي تسير على القضبان .

٤ - دناير نقل الصخور الى خارج النفق - شكل (٤) .



شكل (٣) تحميل نواتج التفجير بالنفق باللودر - مصنع خصيصا لتناسب تنفيذ الأنفاق



شكل (٤) دناير تحميل الصخور من داخل النفق - مصنع خصيصا لتناسب تنفيذ الأنفاق

و - التخلص من المياه الأرضية :

تتكون المياه الأرضية من رشح المياه داخل النفق أو من رش جدران النفق لتقليل الغبار . و عموما - فإن استخدام أي طريقة للتخلص من هذه المياه يتوقف علي كمية هذه المياه . هناك حالتان :

١ - حالة مؤقتة أثناء الأنشاء و تستخدم أحدي الطريق من بين النرح السطحي - الهواء المضغوط - تجميد و تثليج التربة - الحقن .

٢ - وحالة مقاومة المياه بصفة دائمة بعد الأنشاء مثل التبطين من الداخل والحقن .

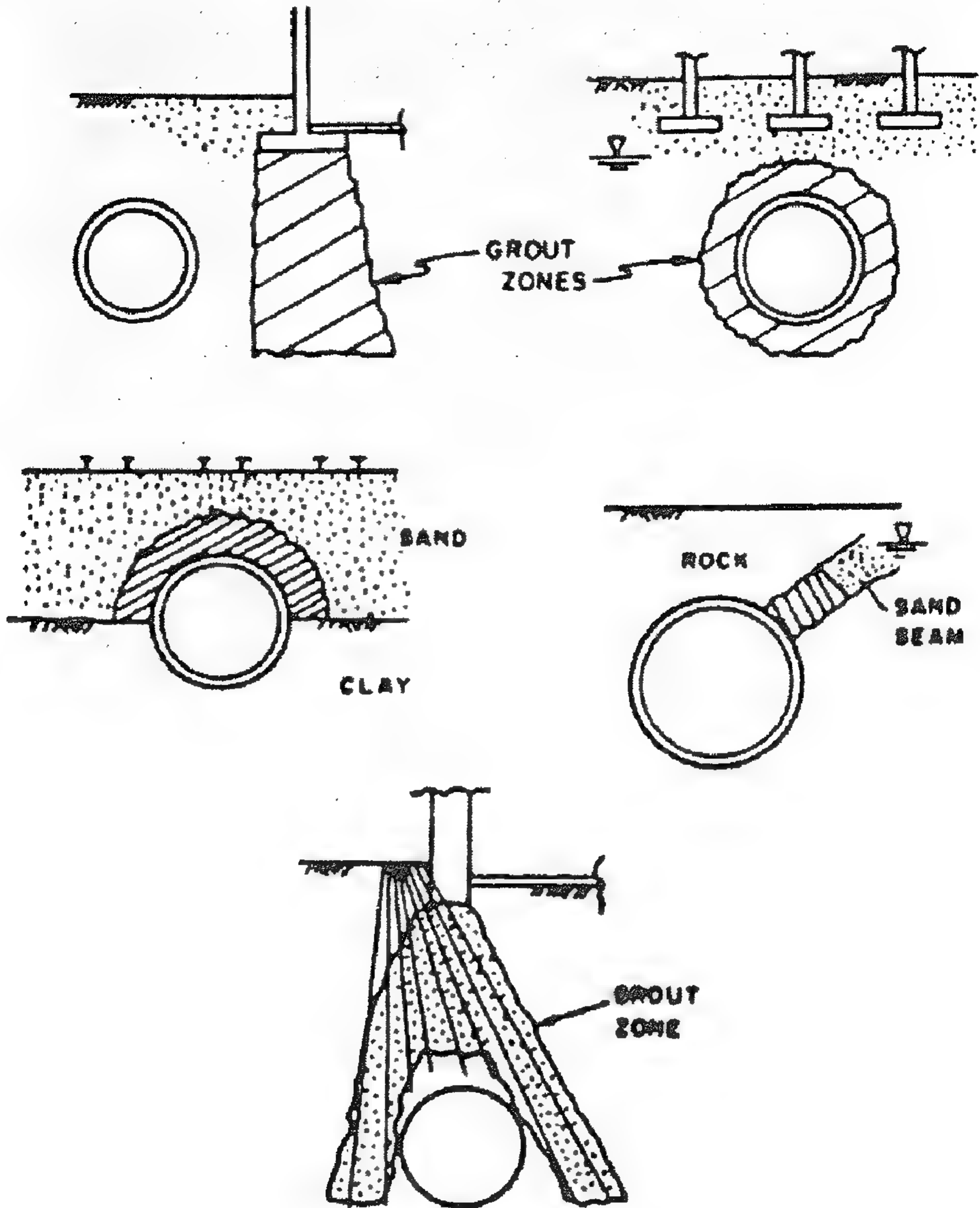
أولا : مقاومة المياه بصفة مؤقتة قبل الأنشاء :

تستخدم الطلبات الكهربائية السطحية في حالة وجود كميات قليلة من المياه غير مؤثره علي التنفيذ أو سلامة المنشآت المجاورة بجانب الطرق الأخرى مثل حقن الصخور - التثليج - الهواء المضغوط .

ثانيا : مقاومة المياه بصفة دائمة بعد الأنشاء :

١ - الحقن Injection :

يفضل استخدام هذه الطريقة في الصخور الموجود بها شقوق و التي بها نسبة عاليه من المياه الجوفية ويمكن أن تستعمل قبل الأنشاء أيضا .
تتلخص هذه الطريقة في عمل ثقوب مختلفه الطول (١٠ - ٢٥ متر) في واجهة النفق و حول قطاعه - شكل (٥) . تحقن هذه الثقوب بواسطة لباني الأسمنت تحت ضغط عالي لتنتشر في التشققات الموجودة في الأرض الصخرية فتعمل علي سدها مكونة أسطوانة صلبة متماسكة لا تسمح بتسرب المياه الضعيفة .



شكل (٥) تطبيقات لأعمال الحقن علي النفق



شكل (٥) حقن الشقوق والصخور الضعيفة

يبدأ العمل في النفق بطريقة النسف العادي - و عادة يكون طول الجزء الذي يتم نسفه من ٢ - ٣ متر و هو طول ثقب النسف . تتكرر عملية النسف حتي نصل الي نهاية الأسطوانة الصلبة التي كونها الحقن . يعاد عمل الحقن لمسافة أخرى و هكذا حتي نتمكن من عبور هذه الطبقات الصخرية .

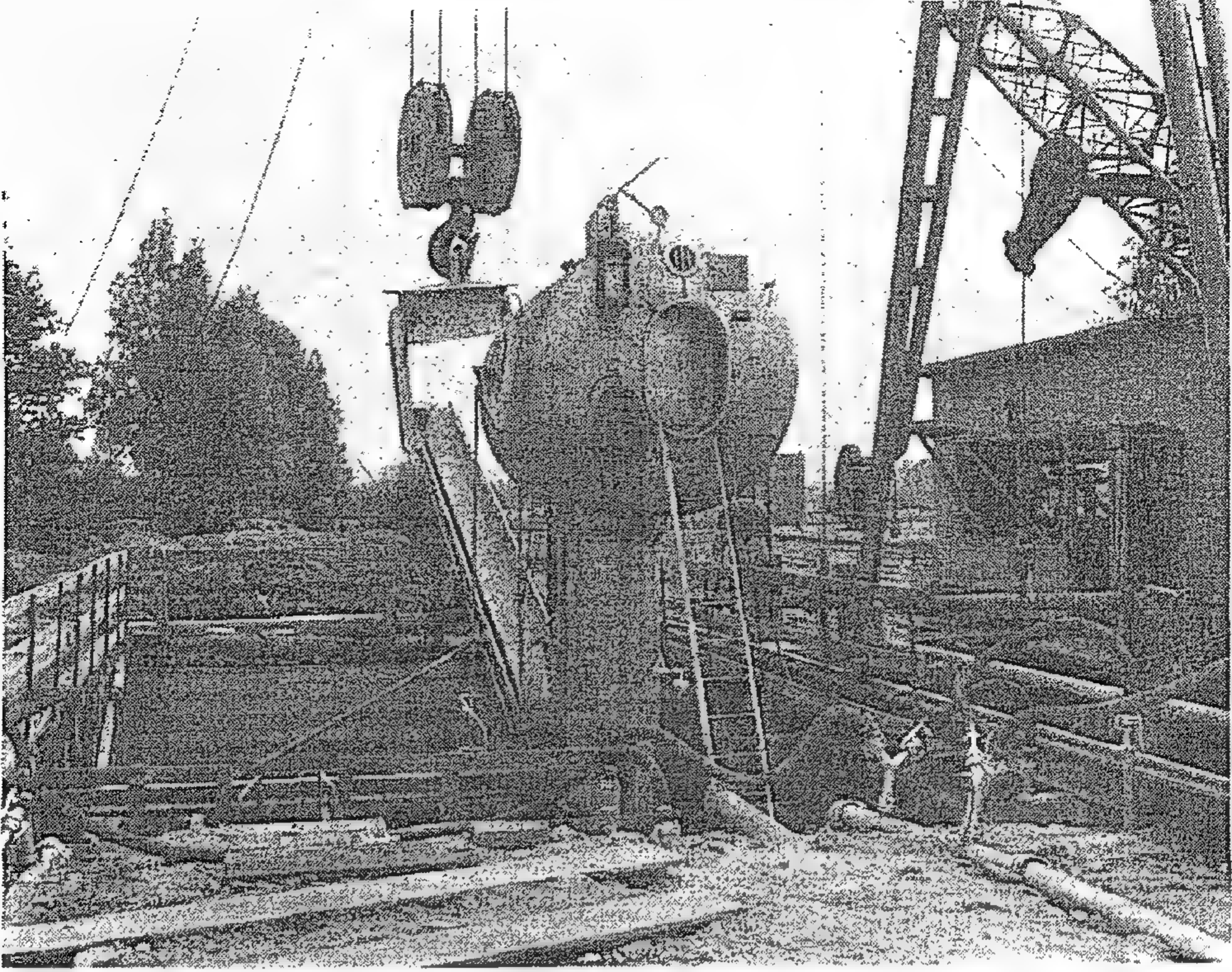
تشتمل عملية الحقن ما يلي :

الحقن السابق Pre injection

الحقن اللاحق Post injection

٢ - الهواء المضغوط Compressed Air :

يتم عمل قيسون من سطح الأرض و موصلا الي النفق شكل (٦) . ثم عمل سقف من الخرسانة المسلحة . تخترق هذا السقف ماسورة رأسية في نهايتها غرفه الضغط Air Deck - مماثلا لتنفيذ بيارات الصرف الصحي بالهواء المضغوط - يضغط الهواء داخل القيسون والنفق بقدر مناسب للتخلص من مياه الرش . هذه الطريقة بطيئة و مكلفة .



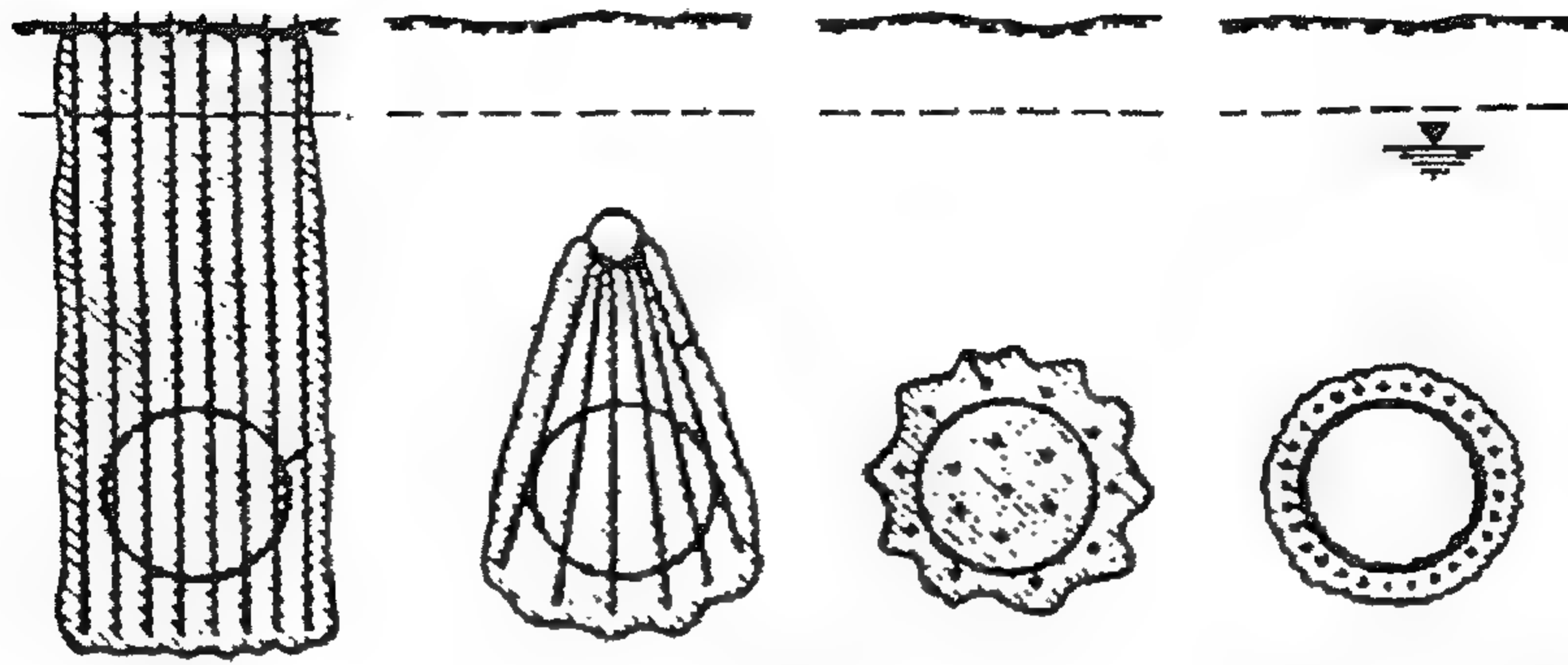
شكل (٦) معدات الهواء المضغوط للتخلص من مياه الرش

٣ - التجميد أو التثليج Freezing :

تستخدم هذه الطريقة في حالة صعوبة استخدام الحقن للطبقات الصخرية أو تخفيض المياه الأرضية بالطرق التقليدية ، كذلك الخوف من احتمال حدوث انفلاق في التربة Blow Off نتيجة استخدام الهواء المضغوط .

هذه الطريقة غير مفضلة في مشروعات الأنفاق الصخرية لأرتفاع تكاليفها . تتلخص في أنه قبل البدء في تنفيذ النفق - تعمل مجموعه ثقوب قطر كل منها ٢٠ سم (تقريبا) حول المنطقة المراد حفرها و علي أن يكون بين كل ثقب و آخر ١ - ١,٥ متر . هذه الثقوب يجب أن تخترق الطبقة المطلوب تثليجها . تمتد داخل هذه الثقوب مواسير تبريد - كالتى تستخدم في مصانع الثلج - و تبدأ المعدات في تبريد هذه المنطقة من الأرض و التى بها المياه الجوفية - و يجب أن يكون التبريد بطيئا بحيث يكون ٢ - ٣ درجة مئوية يوميا . يستمر التبريد حتي نصل الي درجة ٢٣ - ٢٥ درجة مئوية تحت الصفر . تبدأ عمليات النسف مطمئنين الي عدم تسرب

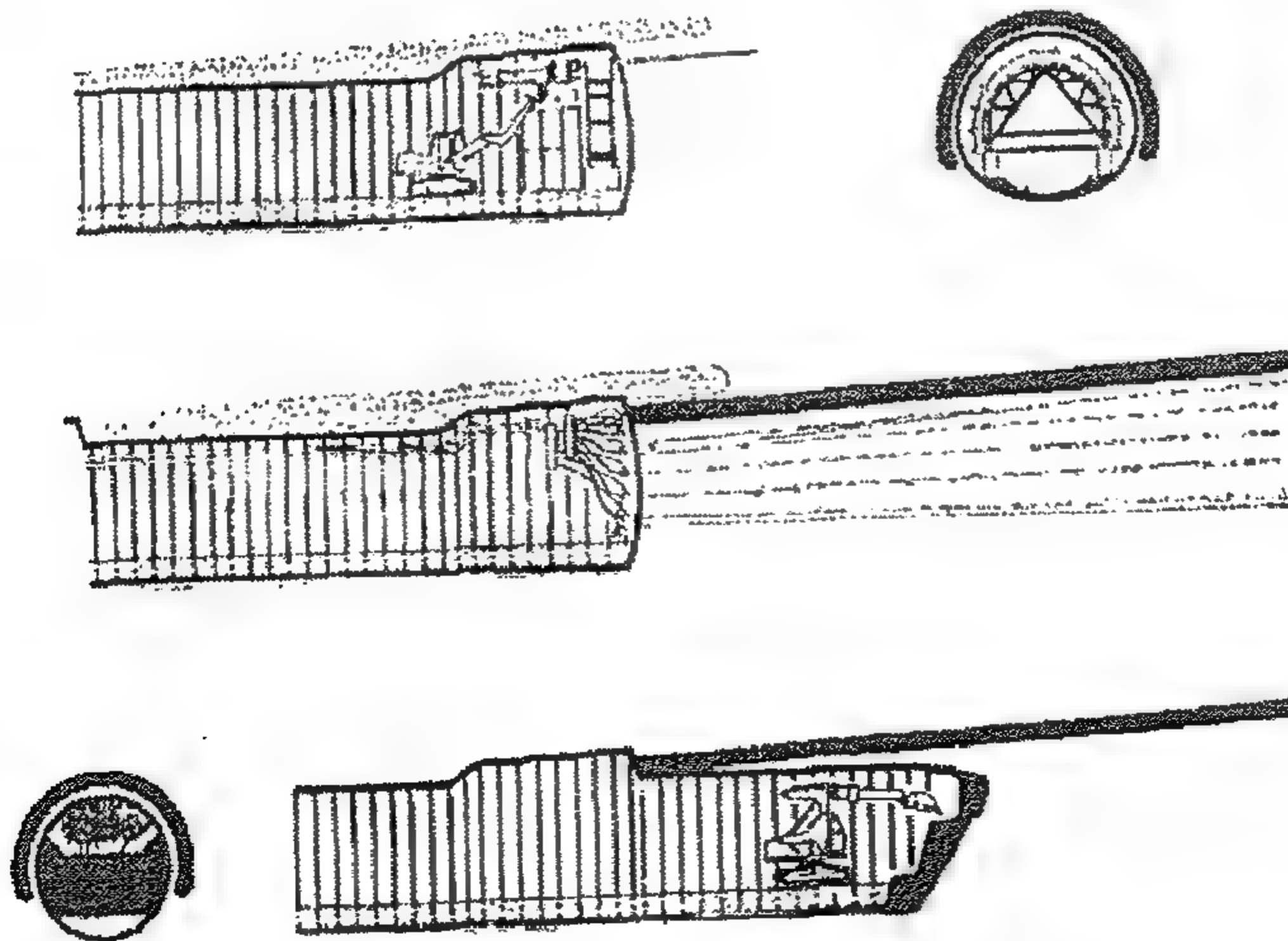
المياه . بعد نهو العمليات المطلوبة في إنشاء النفق ، تترك الأرض لتعود الي درجه حرارتها العادية . و يجب الا تزيد سرعة ارتفاع درجة الحرارة عن درجتين أو ثلاثه يوميا حتي نضمن عدم حدوث ضغوط زائده علي دعائم المنشأ .



شكل (٧) تثليج التربة حول النفق - مواسير التثليج أفقية أو رأسية أو استخدام النظامين معا . عقد رقم ١ - مشروع الصرف الصحي للقاهرة الكبرى - الأميرية

٤ - التبتين بمدفع الخرسانة :

بعد الانتهاء من حفر القطاع الصخري للنفق ، يتم وضع شبكة من حديد التسليح وتثبيتها علي الجدران الصخرية للنفق . تدفع الخرسانة بواسطة مدفع الخرسانة لعمل التبتين اللازم وبسمك لا يقل عن ٢٥ سم علي كامل محيط النفق .



شكل (٧) تجميد التربة باستخدام مواسير أفقية . ثقب واجهة النفق بثقوب أفقية ثم دفع غاز التبريد وتثليج الأرض ثم الحفر

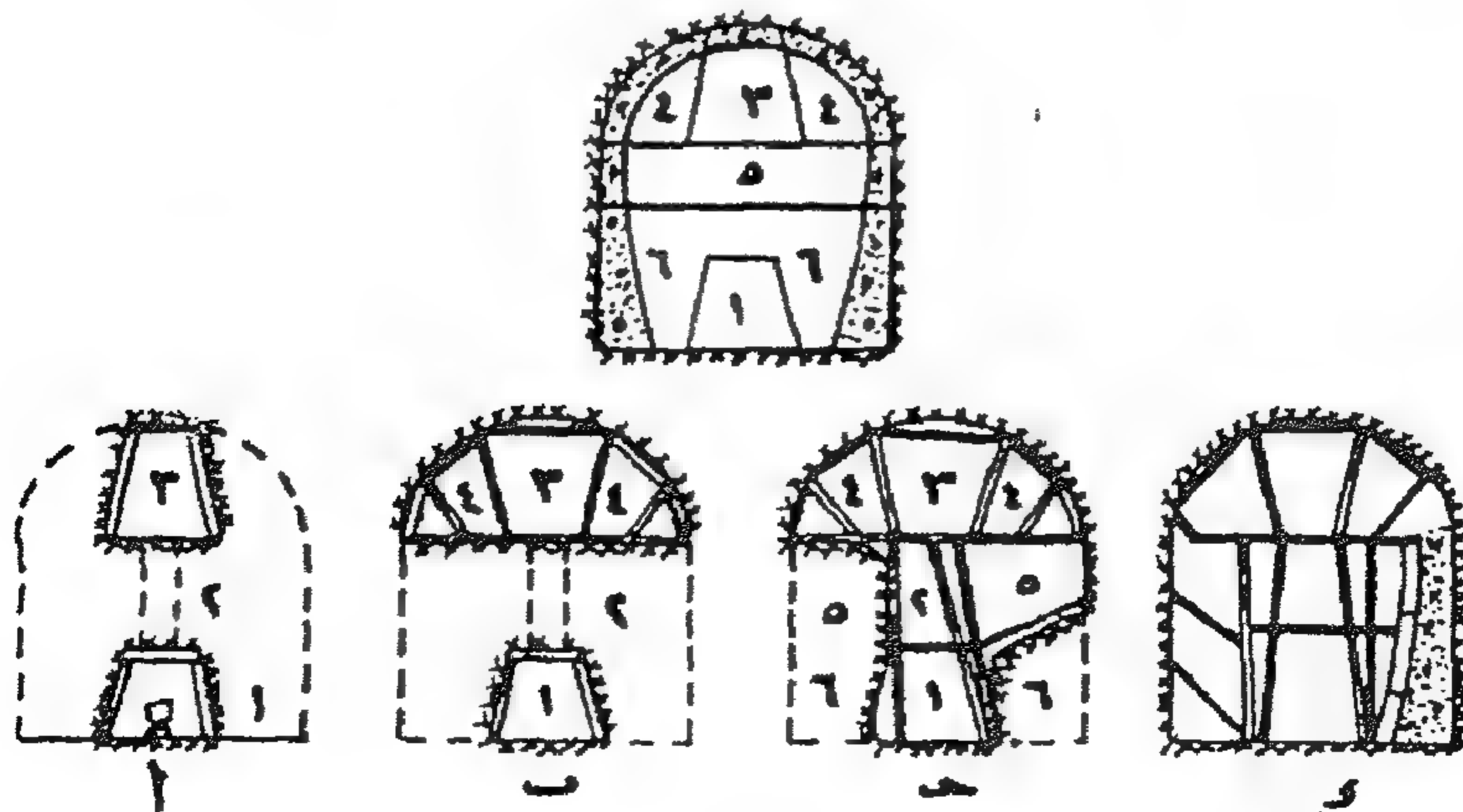
س - صلب الجوانب ووضع الدعائم للسقف :

يتوقف نوع التدعيم المطلوب للأنفاق في الأراضي الصخرية علي نوع و حالة الصخور و قطر النفق . و في بعض الصخور النارية القوية - لا نحتاج الي تدعيم جدران النفق سواء تدعيم مؤقت أو تدعيم دائم . و فيما يلي طرق تدعيم الأنفاق الصخرية :

الطريقة الأولى :

- ١ - يقسم قطاع النفق الي ستة أجزاء - شكل (٨) . نبدأ العمل في الجزء الأول فنحصل علي قطاع صغير يسمح بالحركة و خدمة باقي أجزاء النفق
- ٢ - نبدأ العمل في القسم رقم (٣) - تنشأ آبار رأسية (٢) بين القسمين تكون مهمتها إزالة نواتج الحفر في الجزء الأسفل . توضع عربات الديكوفيل و القضبان في القسم رقم (١) لنقل ناتج التكسير الي الخارج .
- ٣ - بعد نهو الحفر في القسم رقم (٣) و عمل الصلبات اللازمه له . نبدأ العمل في القسم رقم (٤) للتوسيع من أعلي ثم القسم رقم (٥) ثم القسم رقم (٤) . و في هذه الخطوات يستخدم القسم رقم (١) لخدمة القطاع كله من حيث نقل العمال وأستخراج نواتج الحفر و مد الكابلات و مواسير المياه و التهوية .

بعد نهو العمل في الأقسام السابقة تستبدل الدعامات المؤقتة بدعامات ثابتة .



شكل (٨) تقسيم القطاع الي أقسام وإزالة الصخور منها مع أستعمال الدعامات المؤقتة حتي الانتهاء من العمل ثم تستبدل تلك الدعامات المؤقتة بأخري دعائم ثابتة .

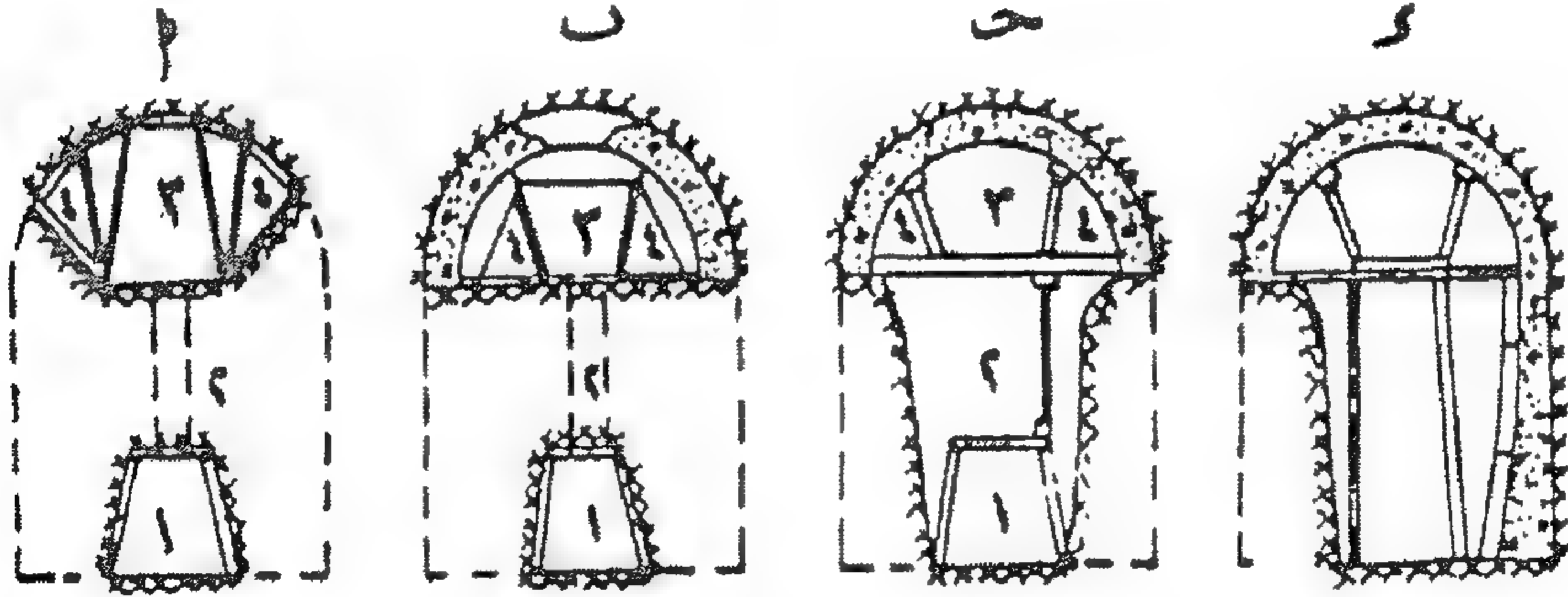
الطريقة الثانية :

تستخدم في الأراضي الأقل صلابة حيث يخشي علي الدعائم المؤقتة من أنها لا تتحمل الضغوط الواقعة علي النفق و التي يصعب فيها أستبدال الدعائم المؤقتة بالدعائم الدائمة شكل (٩) .

١ - نلجأ الي صب الخرسانات في كل قسم علي حده و ذلك بعد الانتهاء من حفره . و يكون وضع الدعائم الدائمة من أعلي الي أسفل .

٢ - بعد الانتهاء من القسم رقم (١) ثم القسمين (٣) ، (٤) - نبدأ في وضع الدعائم الدائمة و صب الخرسانات اللازمة.

٣ - نلجأ الي توسيع أقسام (٥) ، (٦) مع صب الخرسانات في الأماكن المنتهية. و عند الانتهاء من القطاع كله يكون قد تم الانتهاء من الدعائم الدائمة في النفق .



شكل (٩) تقسيم قطاع النفق الي أقسام مع وضع الدعائم الدائمة أثناء إزالة الصخور مبتدئين من أعلي الي أسفل

الطريقة الثالثة :

تستخدم هذه الطريقة في الأراضي الضعيفة نسبيا أو المنشآت ذات القطاعات الكبيرة و هي مثل الطريقة الثانية ألا أن صب الخرسانات للدعائم الدائمة يبدأ من أسفل الي أعلي شكل (١٠).

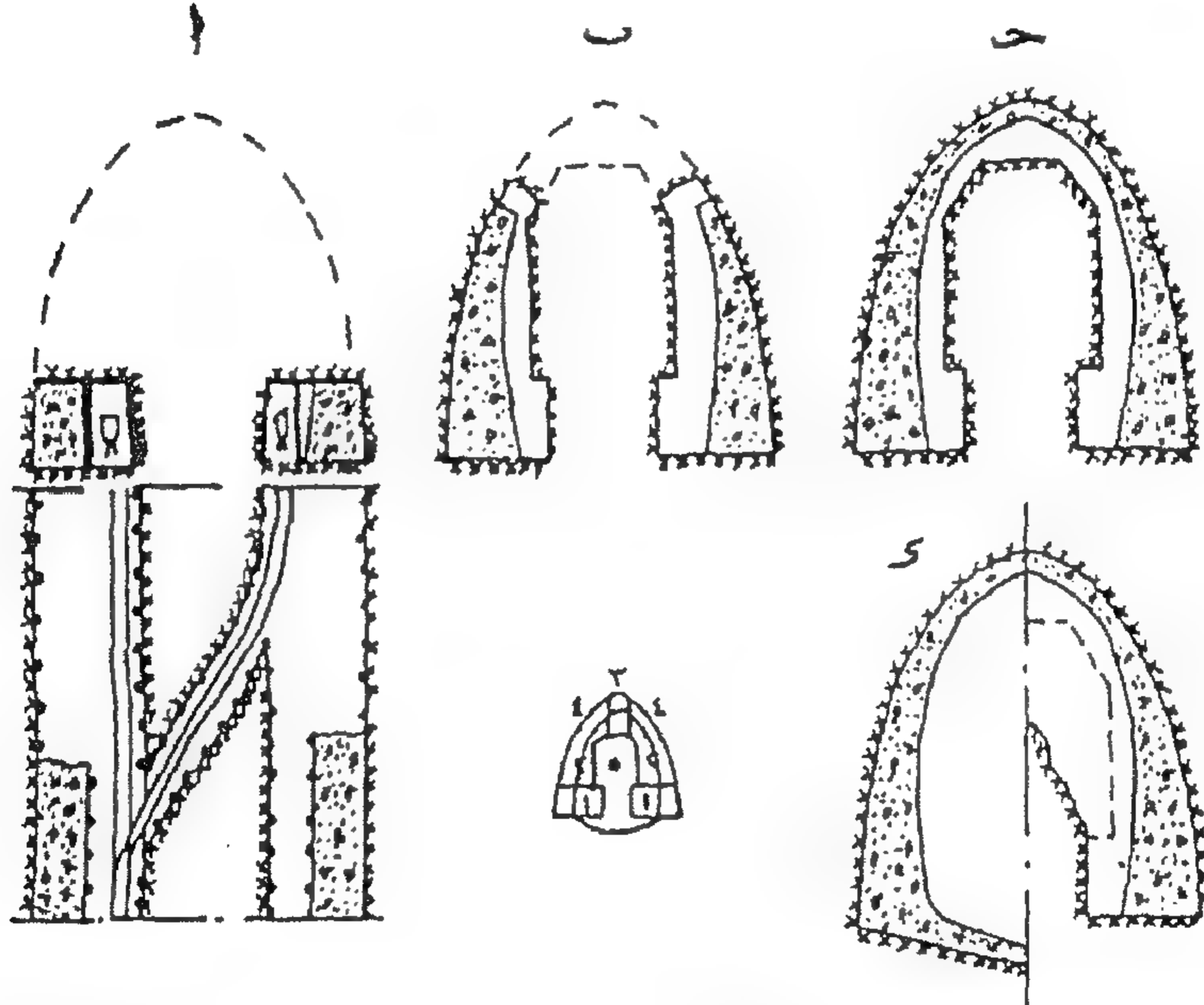
١ - بعد نهو القسمين (١) ، (٢) المستخدمان لخدمة عملية الحفر و أنتقال العمال والأنشاء - توضع الدعائم الدائمة و هي من الخرسانة المسلحة .

٢ - يتم التوسيع الي أعلي في القسم رقم (٢) مع صب الخرسانات للأجزاء المنتهية .

٣ - توسيع و إزالة المناطق (٣) ، (٤) .

و يلاحظ أن الجزء الأوسط رقم (٥) يترك لتسهيل العمل و لخدمة الأقسام المختلفة حتي يتم وضع الخرسانة المسلحة في جوانب و سقف النفق بالكامل .

٤ - يزال الجزء رقم (٥) ثم يعمل التوسيع اللازم في أرضية النفق لصب الخرسانات اللازمه بالقطاع المطلوب .



شكل (١٠) تقسيم القطاع الي أقسام مع وضع الدعائم الدائمة أثناء إزالة الصخور مبتدئين من أسفل الي أعلي

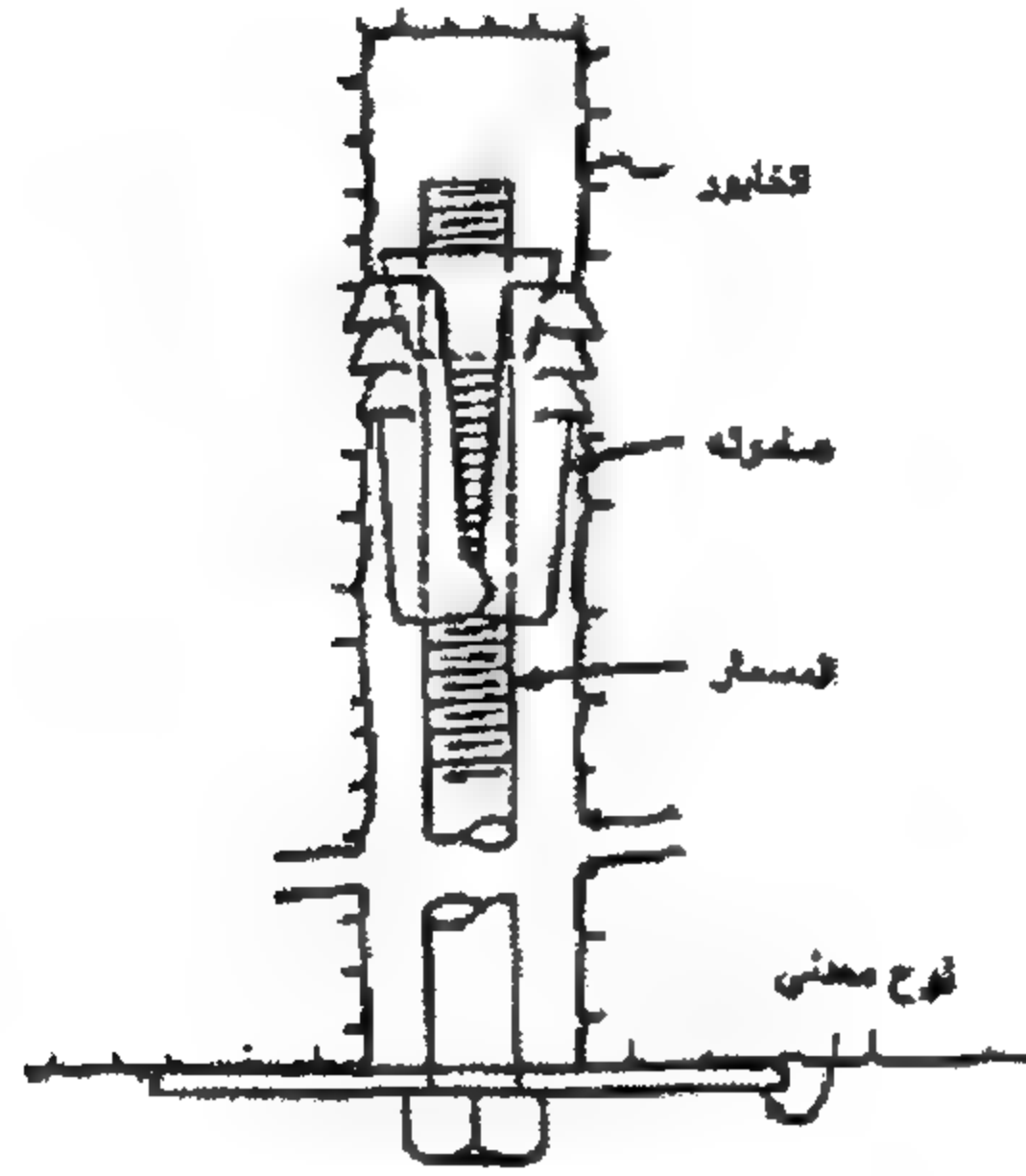
الطريقة الرابعة :

أستخدام خوابير التثبيت Roof Bolts:

يستخدم هذا النوع من خوابير التثبيت - شكل (١١) لتثبيت الطبقات الصخرية . فعند إجراء عملية النسف و عمل النفق داخل الصخور- تتكون مجالات قوي شد و قص و ضغط حول قطاع النفق عالية القيمة . فإذا كانت هذه

الطبقات لا تتحمل هذه الأجهادات و تميل الي السقوط و الأنهيـار - فيمكن بواسطة هذه الخوابير تثبيت صخور محيط النفق في الصخور السليمة و التي تلي هذه الطبقة .

و عند تثبيت هذه الخوابير داخل الثقوب - و عند الرباط علي الصامولة - يسحب الخابور صامولة مخروطيه التي تدفع بدورها الغطاء المعدني الي الخارج الي جدار الثقب - و بمزيد من الرباط نحصل علي مزيد من التماسك بين جدران النفق و الخابور - تربط هذه الصامولة بعد تركيب خوصة حديد $6 \times 6 \times 1/4$ علي سطح الصخر .

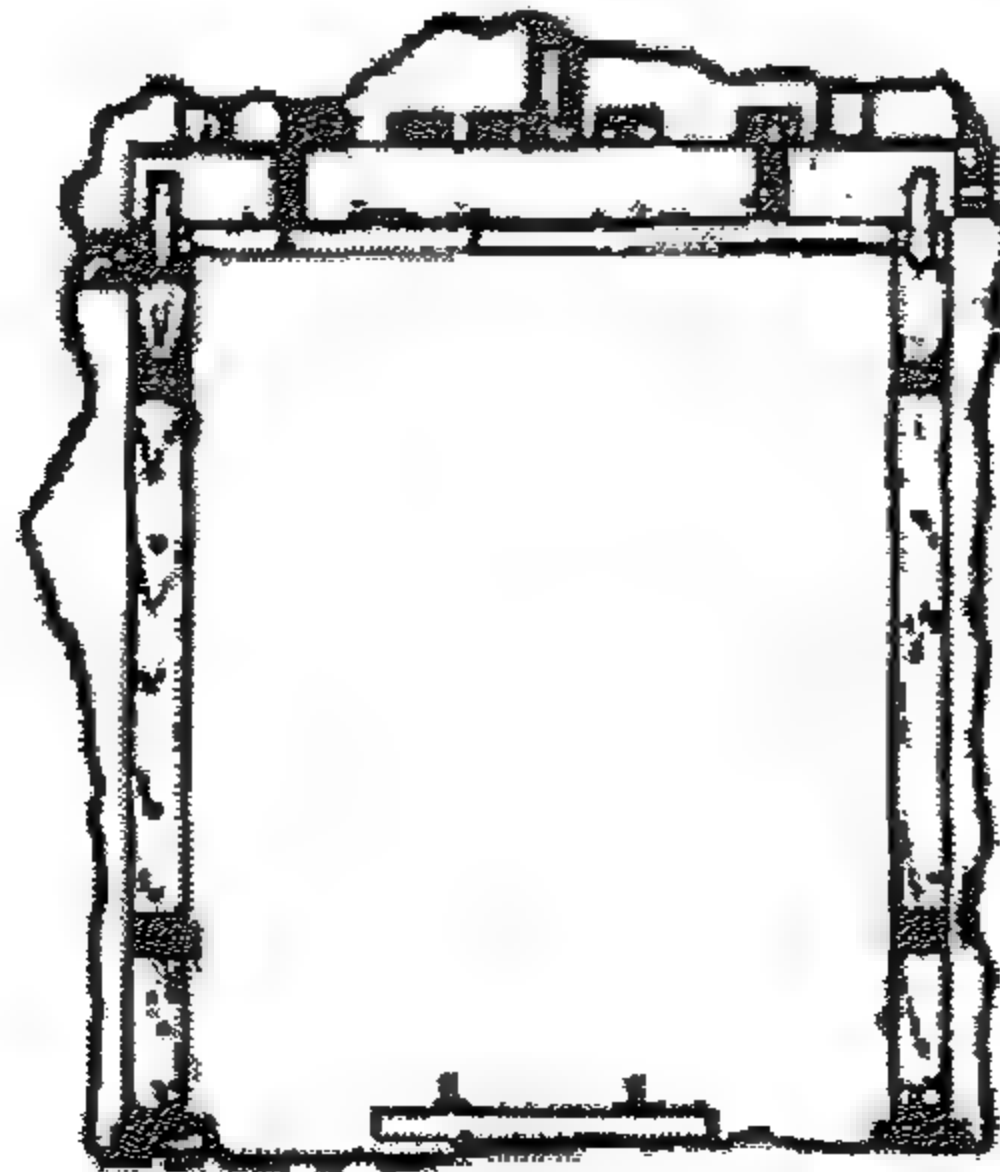


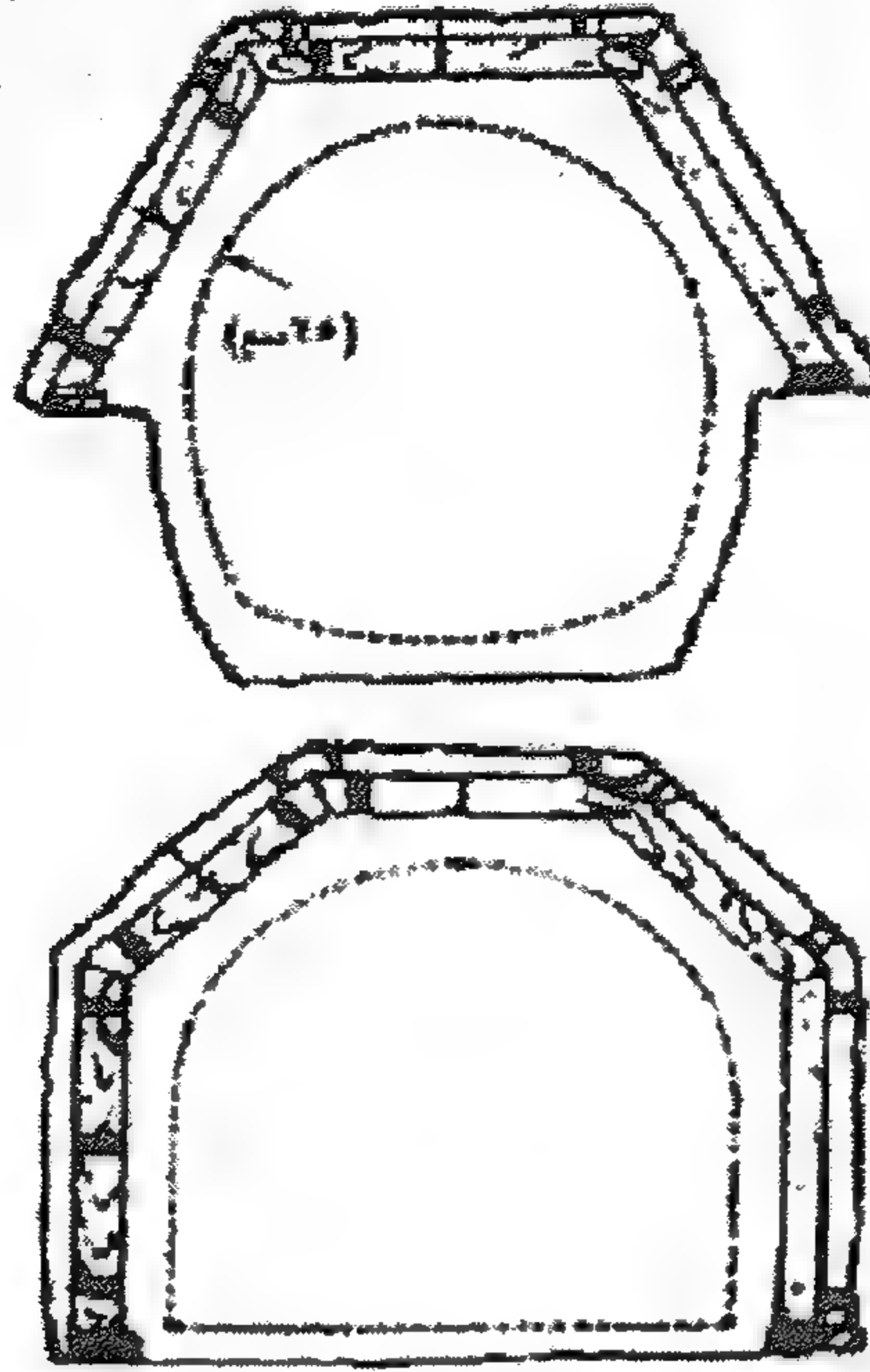
شكل (١١) استخدام خوابير تثبيت الصخور

الطريقة الخامسة :

التدعيم باستخدام الخشب :

تستخدم هذه الطريقة في حالة الأنفاق الصغيرة و المتوسطة - شكل (١٢) .





شكل (١٢) نماذج من قطاعات الأنفاق - التدعيم بالخشب . الكسوة الخرسانية الداخلية = ٢٥ سم الطريقة السادسة :

التدعيم باستخدام قطاعات و دعامات حديدية :

تستخدم هذه الدعامات بالطرق الآتية :

١ - إذا كان الصخر قوي و متماسك - فإنه يكفي بوضع الدعامات الحديدية فقط لتكون نقط أرتكاز قوية . و يتم وضع خوابير بين الدعامات و جسم النفق - شكل (١٣) .

٢ - يتم عمل تغطية بالخشب أو ألواح حديدية Lagging بين كل دعامتين و ذلك في حالة الصخور الضعيفة .

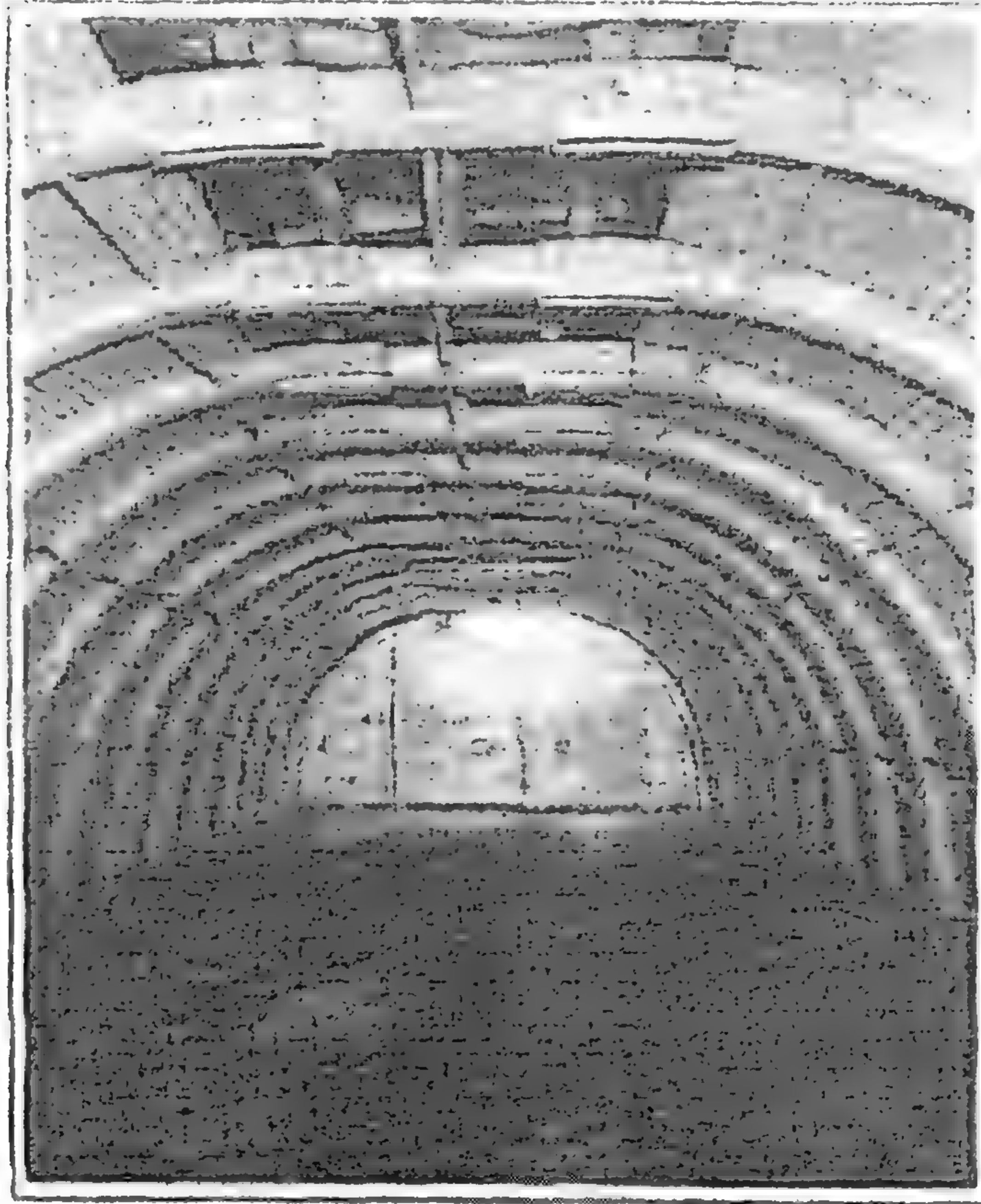
٣ - إذا كانت الصخور ضعيفة جدا فإنه يتم تقويتها باستخدام مدفع الخرسانة Shot Crete - وهي عبارة عن مضخة تعمل بضغط الهواء و لها مخرج ضيق Nozzle . تستخدم خرسانة ذات زلط صغير الحجم - تتدفع هذه الخرسانة بفعل ضغط الهواء لتغطي الشقوق و السطح الداخلي للنفق . و يفضل كسوه جدران النفق بشبكة حديد تسليح قوية Wire Mesh

لتكون جدارا من الخرسانة المسلحة . و بيان نسبة الخلطة المستخدمة في مدفع الخرسانة كالاتي / ياردة مكعبة :

أسمنت = ٦٦٠ رطل . رمل = ١٧٩٠ رطل سن ٤/٣ = ١٣٠٠ رطل
 إضافات معجوله للشك = ٩٠ رطل نسبة المياه / الأسمنت = ٤ : ١
 الناتج = ١٠ ياردة مكعبة .

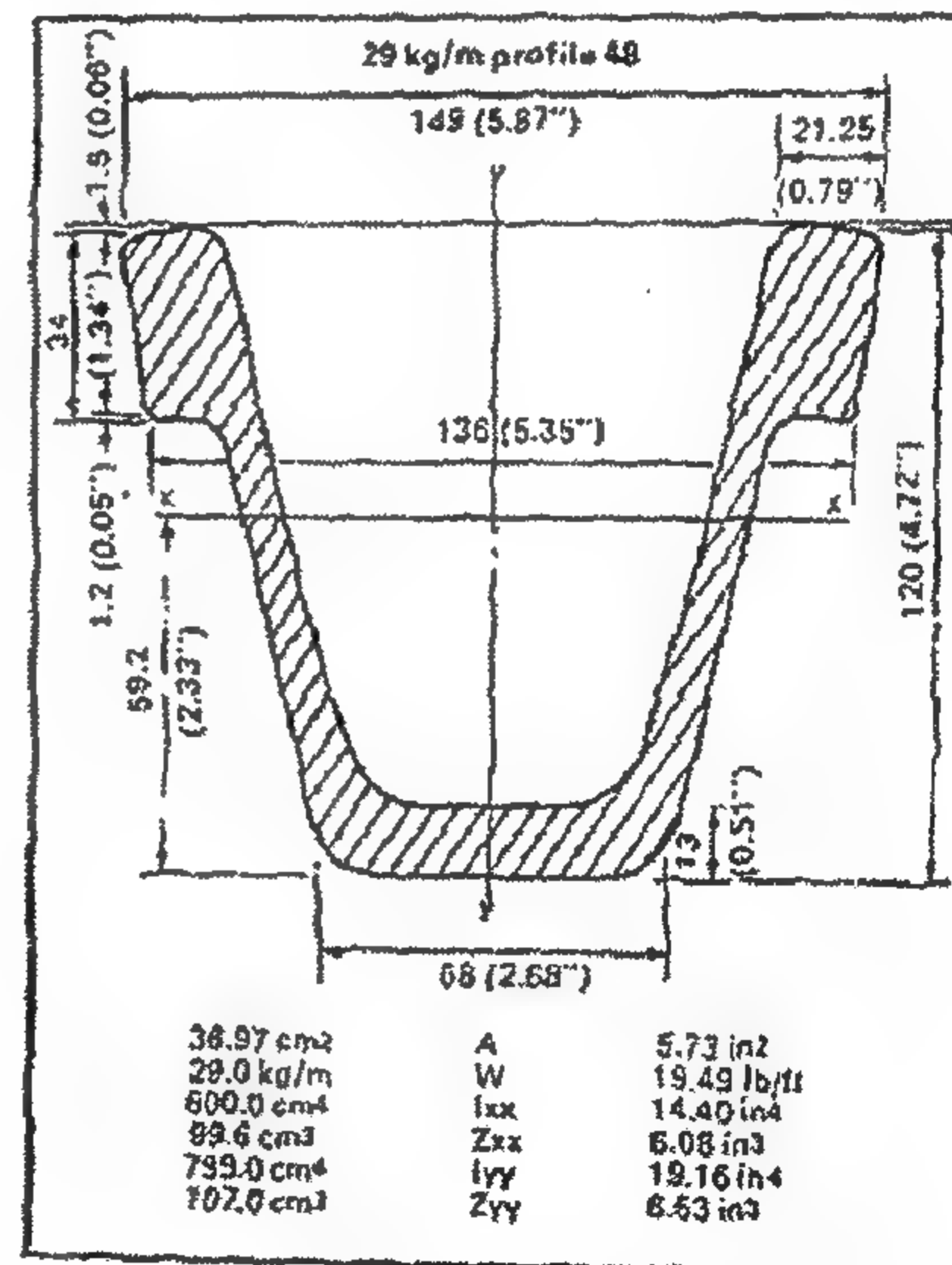
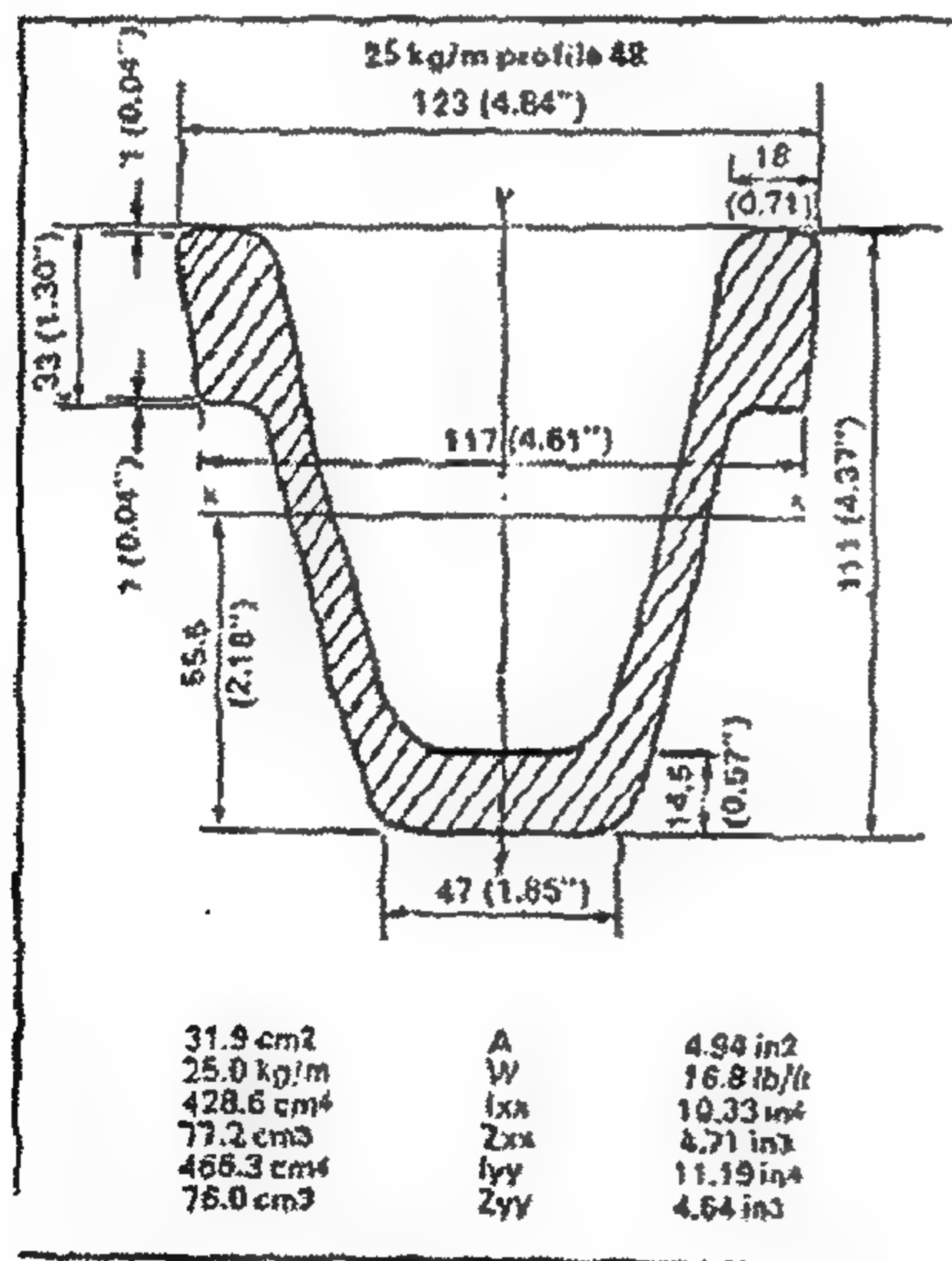
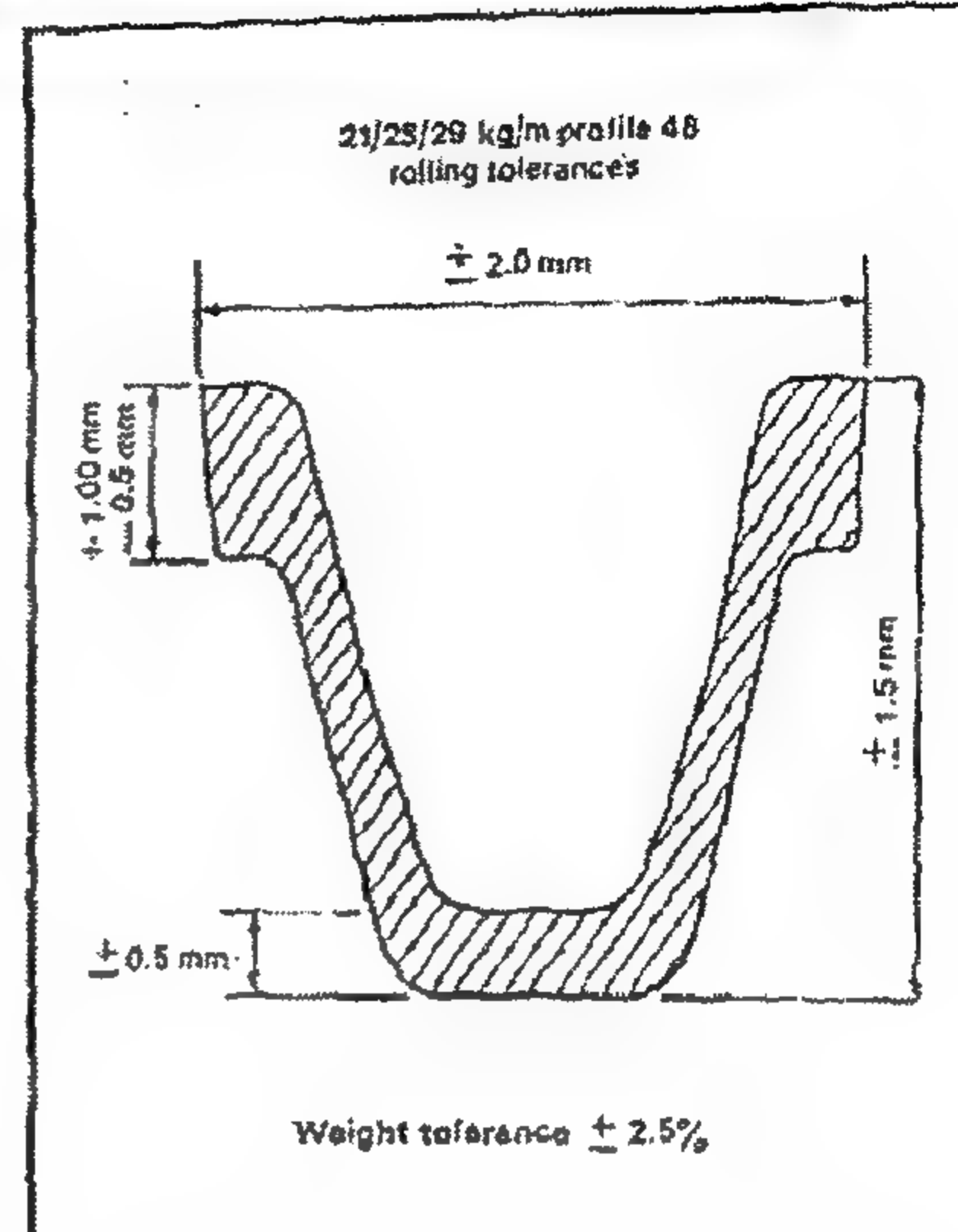
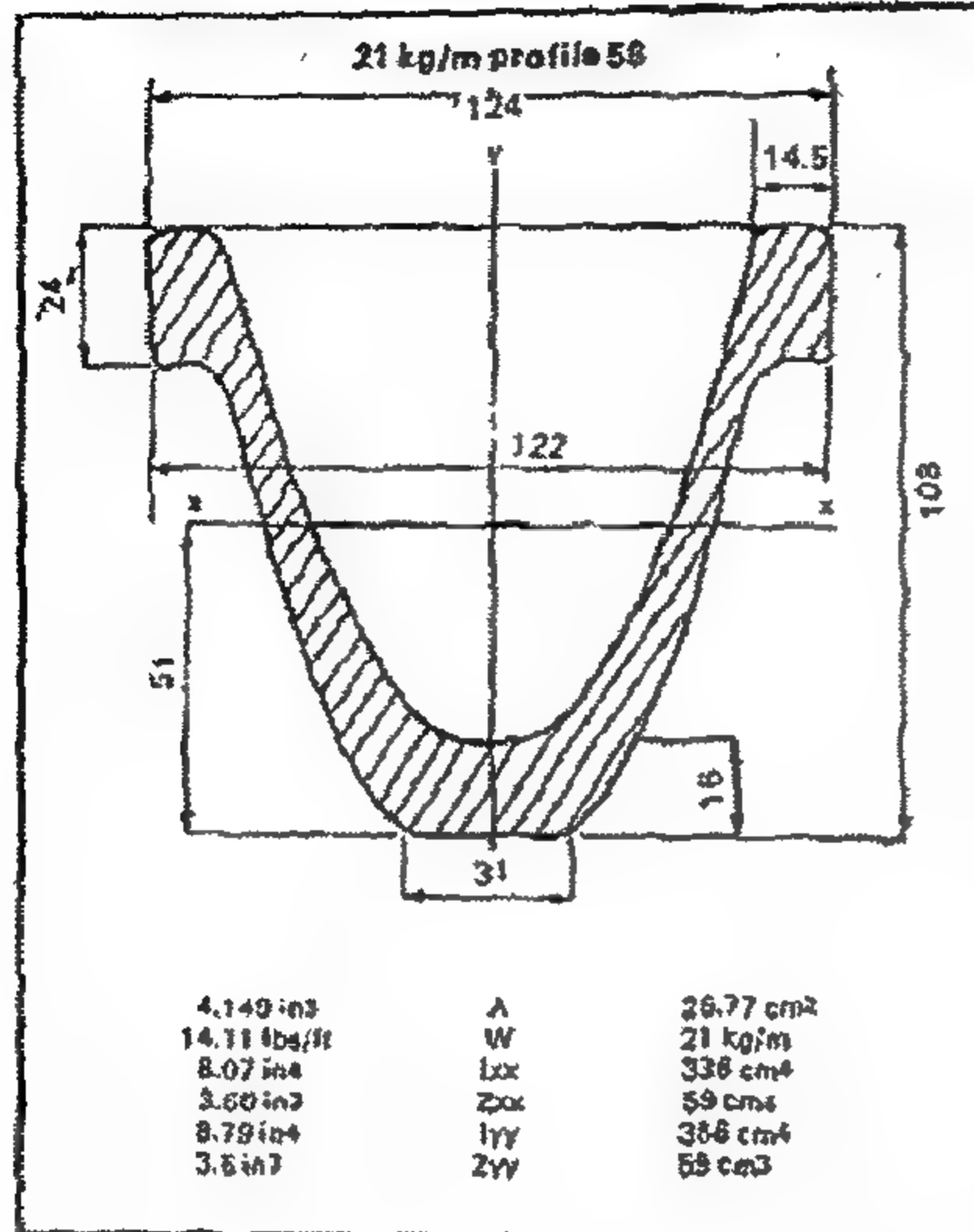
و أحيانا تستخدم الدعامات الحديدية و يملأ الفراغ بينهما باستخدام مدفع الخرسانة بدلا من استخدام الخشب أو الألواح الحديدية . و يفضل استخدام هذه الطريقة و التبتطين بالخرسانة في أقرب وقت بعد عملية النسف و الأزالة حتي تزيد من ضمان و حماية و أمان العمال القائمين بنقل ناتج الحفر .

Underground Roadway Supports

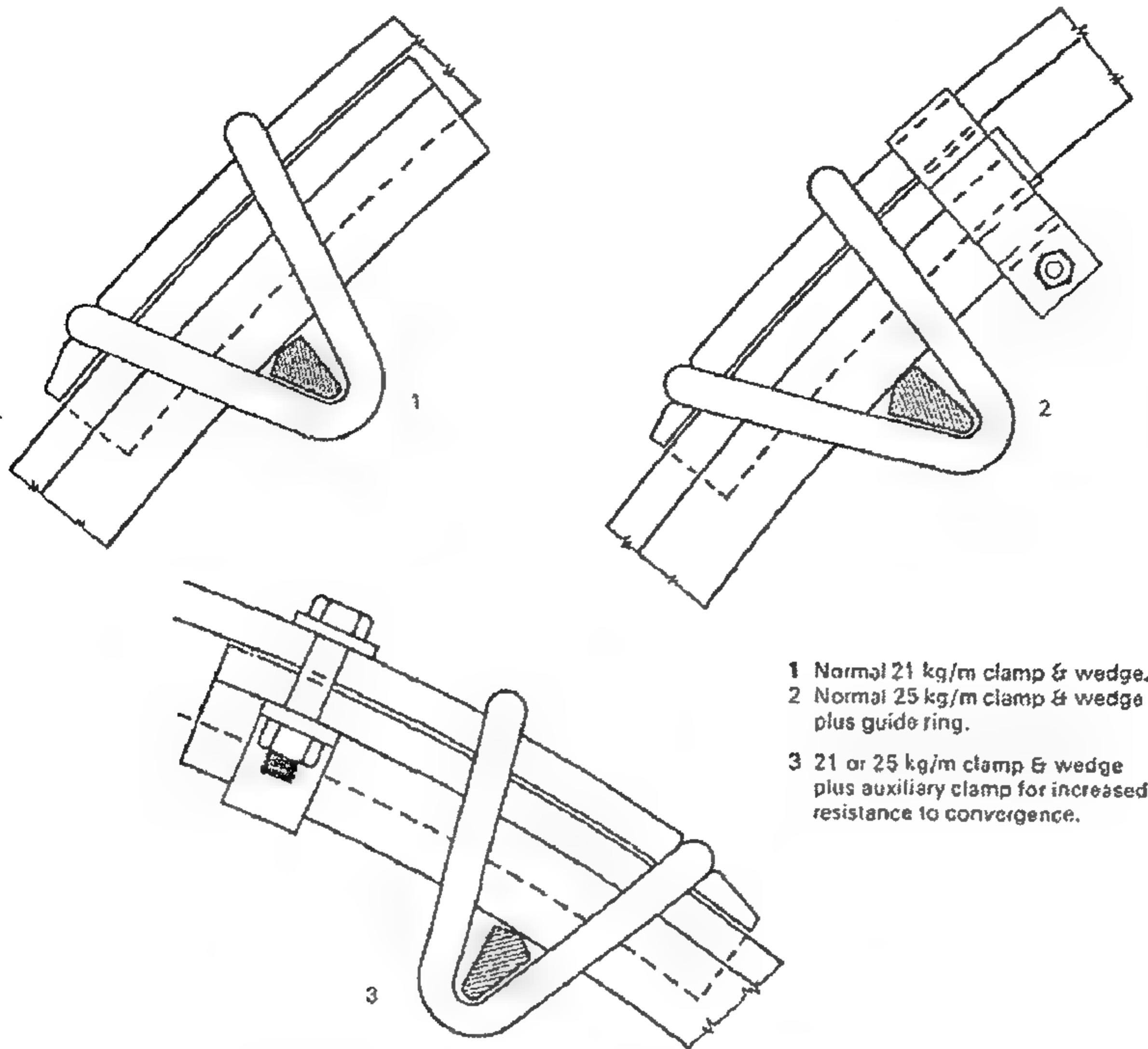


شكل (١٣) صلب جوانب النفق بقطاعات معدنية

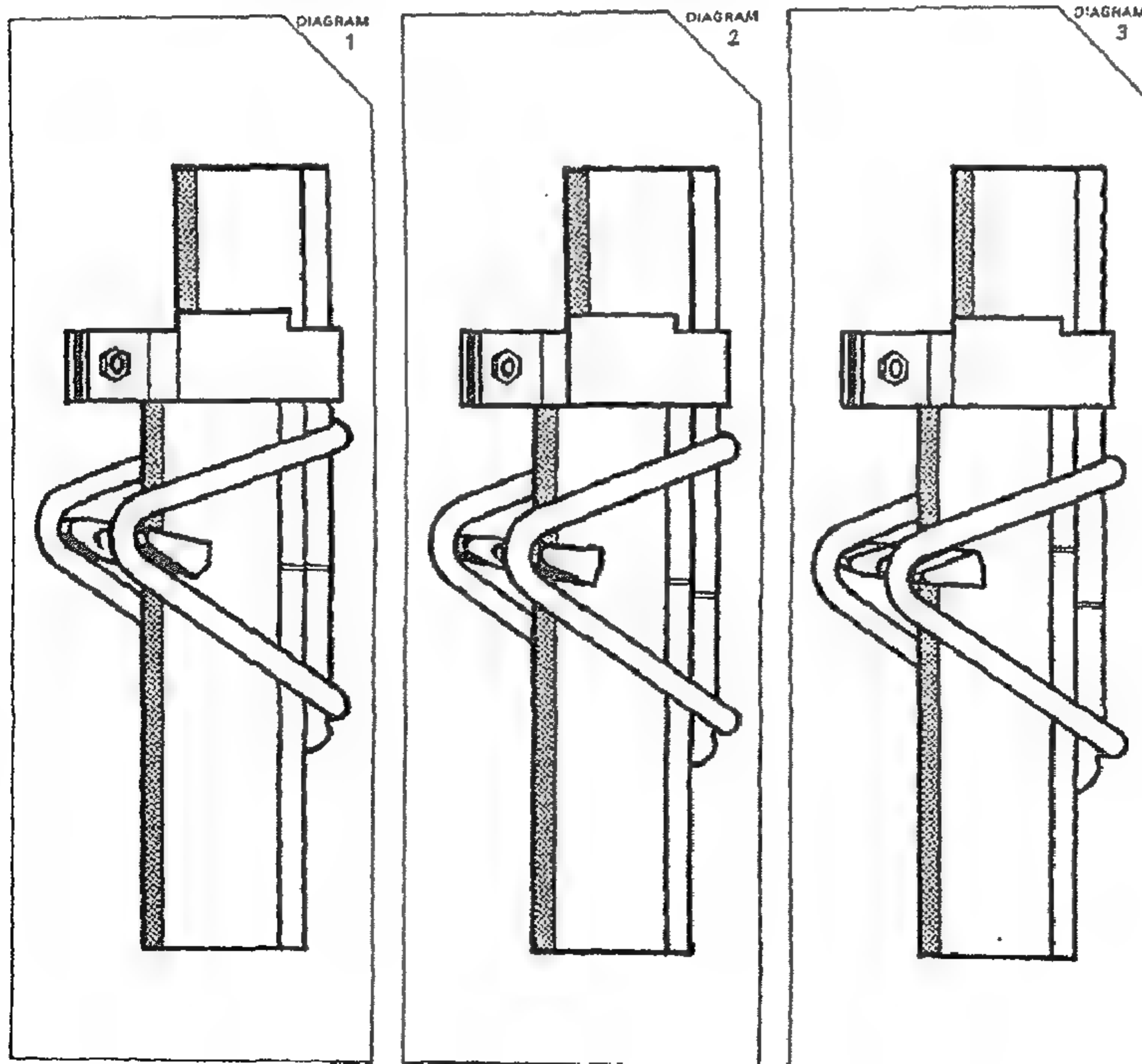
Telescopic Steel Arches



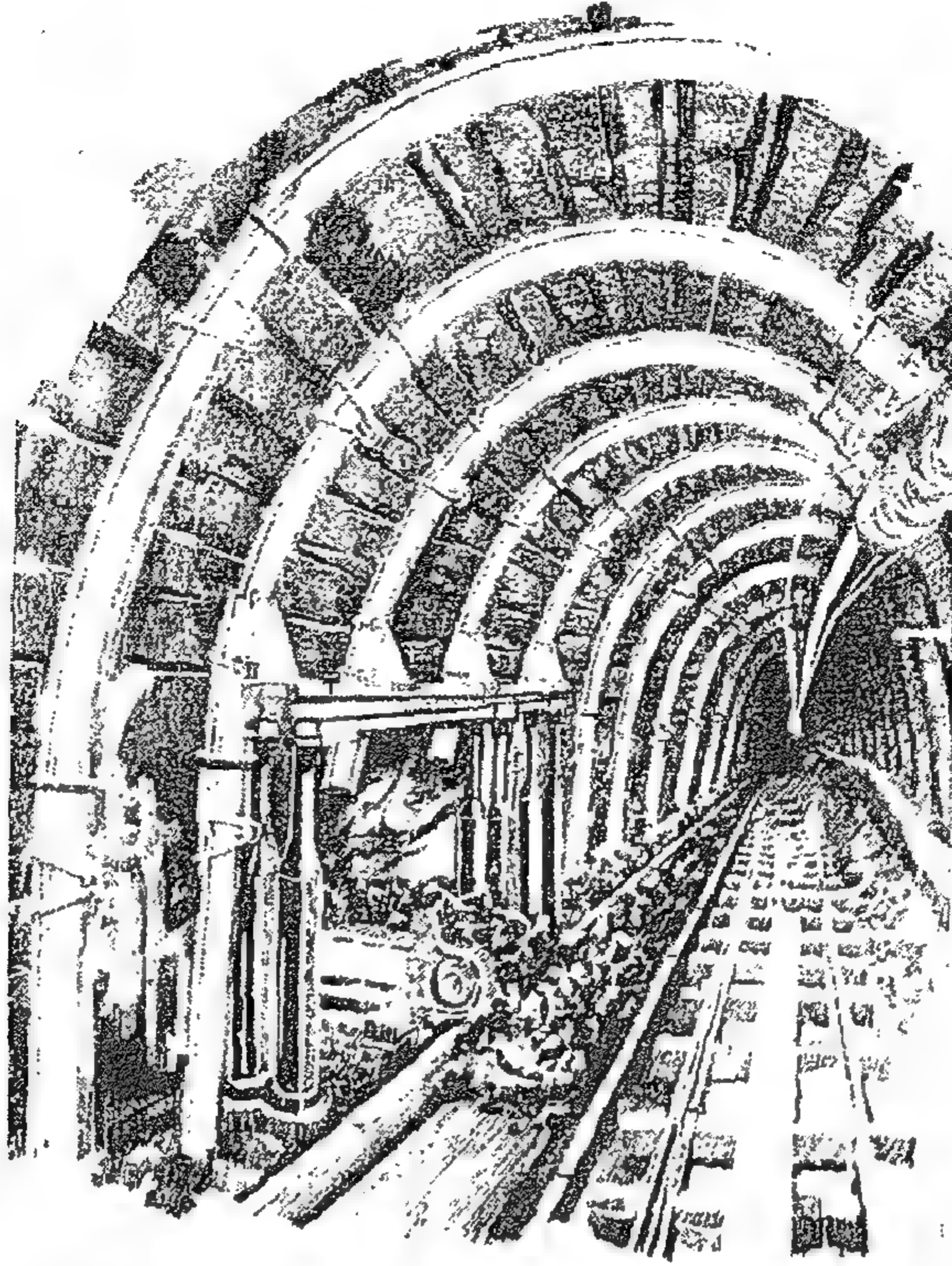
قطاعات تليسكوبية مصنعة لصلب الأنفاق Telescopic Steel Arches



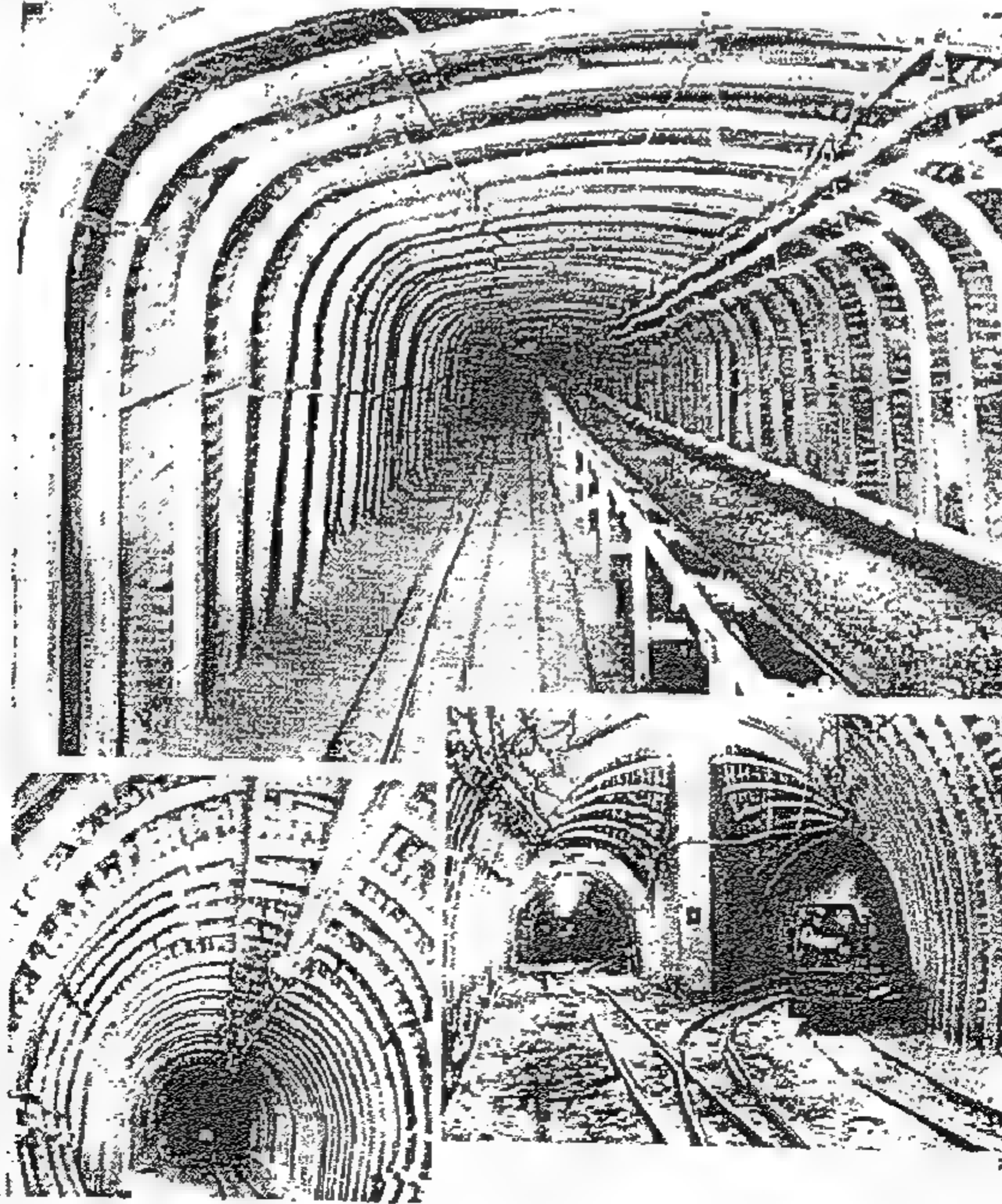
وسائل اتصال الأعضاء الحديدية التلiskوبية



شكل (١٣) رباط الأعضاء بالخوابير والكليسات



شكل (١٣) قطاع في أحد الأنفاق أثناء التنفيذ ويظهر الشدة الحديدية



شكل (١٣) أمثلة للشدات الحديدية الجاهزة بالأنفاق

تصميمات وأنتاج : هيئة الحديد البريطانية British Steel Corporation

طرق الحفر الميكانيكية :

هذه الطريقة تناسب الصخور الرسوبية و التي لا تتجاوز صلابتها ١٢٥ كجم/سم^٢، و هي غير مناسبة للحفر في طبقات الصخور النارية . و يعتمد معدل الحفر علي صلادة الصخر . تمتاز هذه الطريقة بأنها تقوم بتوفير الأمان للعاملين في المشروع كما أنها توفر سرعة في الأداء و تقلل كميات الحفر الزائدة عن القطاع المطلوب و بالتالي توفر كميات الخرسانة اللازمة للتبطين .

و تنقسم طرق الحفر الميكانيكية الي قسمين رئيسين :

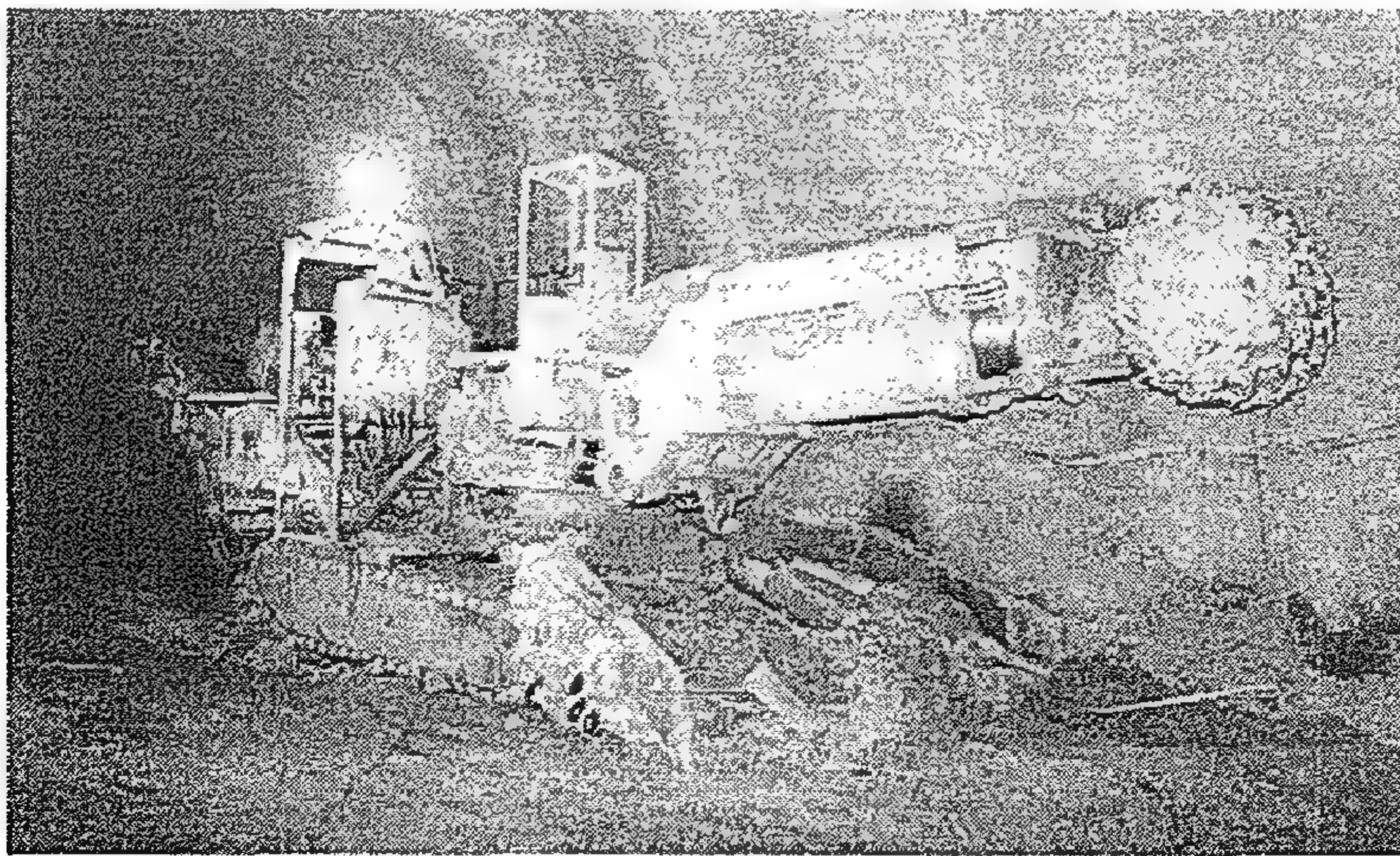
١ - طريقة المعدات .

٢ - طريقة الدرع .

أولا : طريقة المعدات

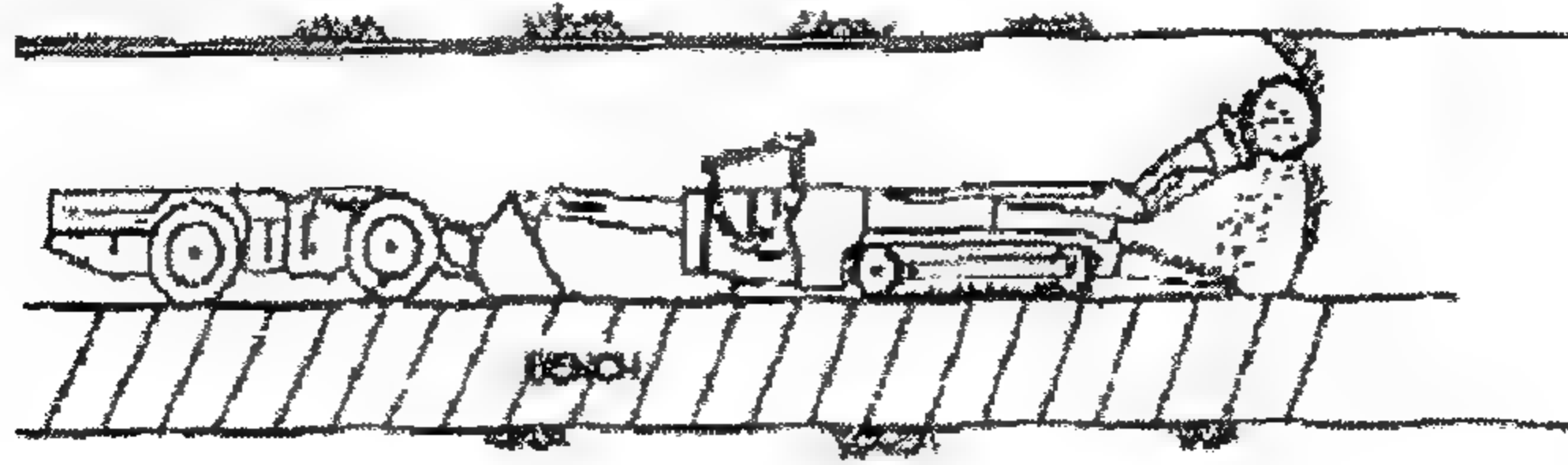
هذه الطريقة مناسبة للحفر في الصخور الضعيفة و المتوسطة - و المعدة عبارة عن ماكينة علي كاوتش أو مجنزرة - لها ذراع أمامي في نهايته كرة معدنية مثبت بها أسنان قاطعة تتحرك دائريا. يتحرك الذراع في جميع الاتجاهات حسب الطلب . و عادة تزود هذه الماكينة بسير ناقل للأتربة Belt Conveyor - شكل (١٤) .

علي أن هذا النوع من المعدات يتطلب مساحة واسعة نسبيا وبدون أي تدعيم أو صلبات للنفق أو عوائق .

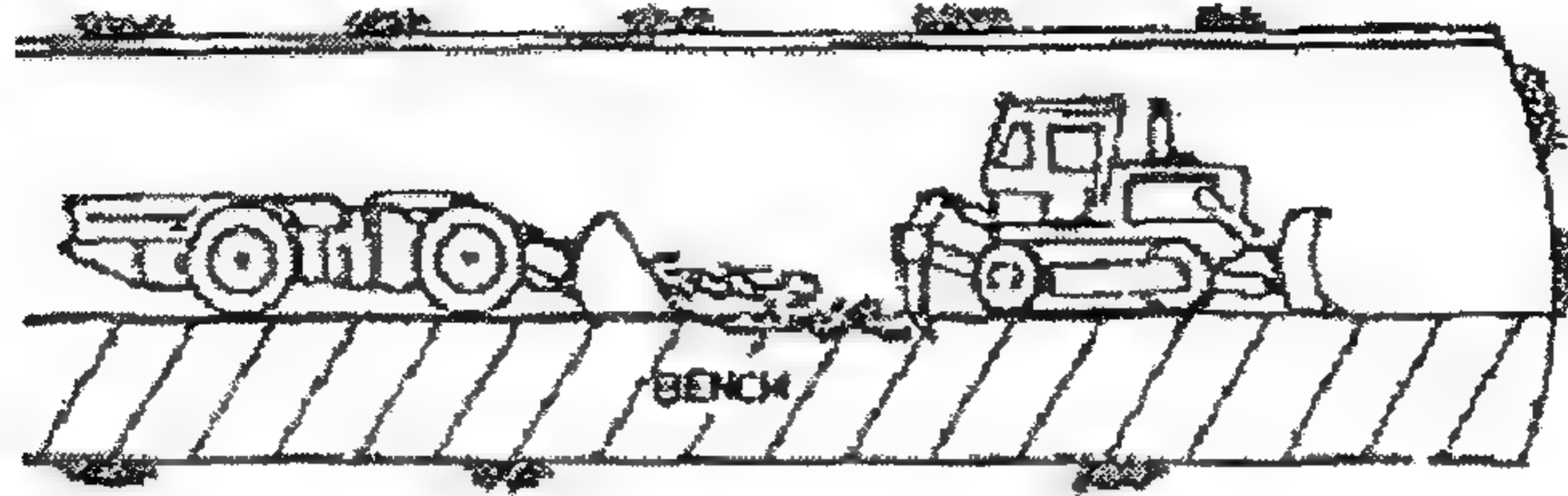


شكل (١٤) حفارة الصخور - تتراوح الوزن من ١٥ - ١٣٠ طن والقدرة ٤٠ - ٤٥٠ كيلووات .

و عادة تزود هذه المعدة بسير ناقل لنواتج الحفر الي عربات الديكوفيل

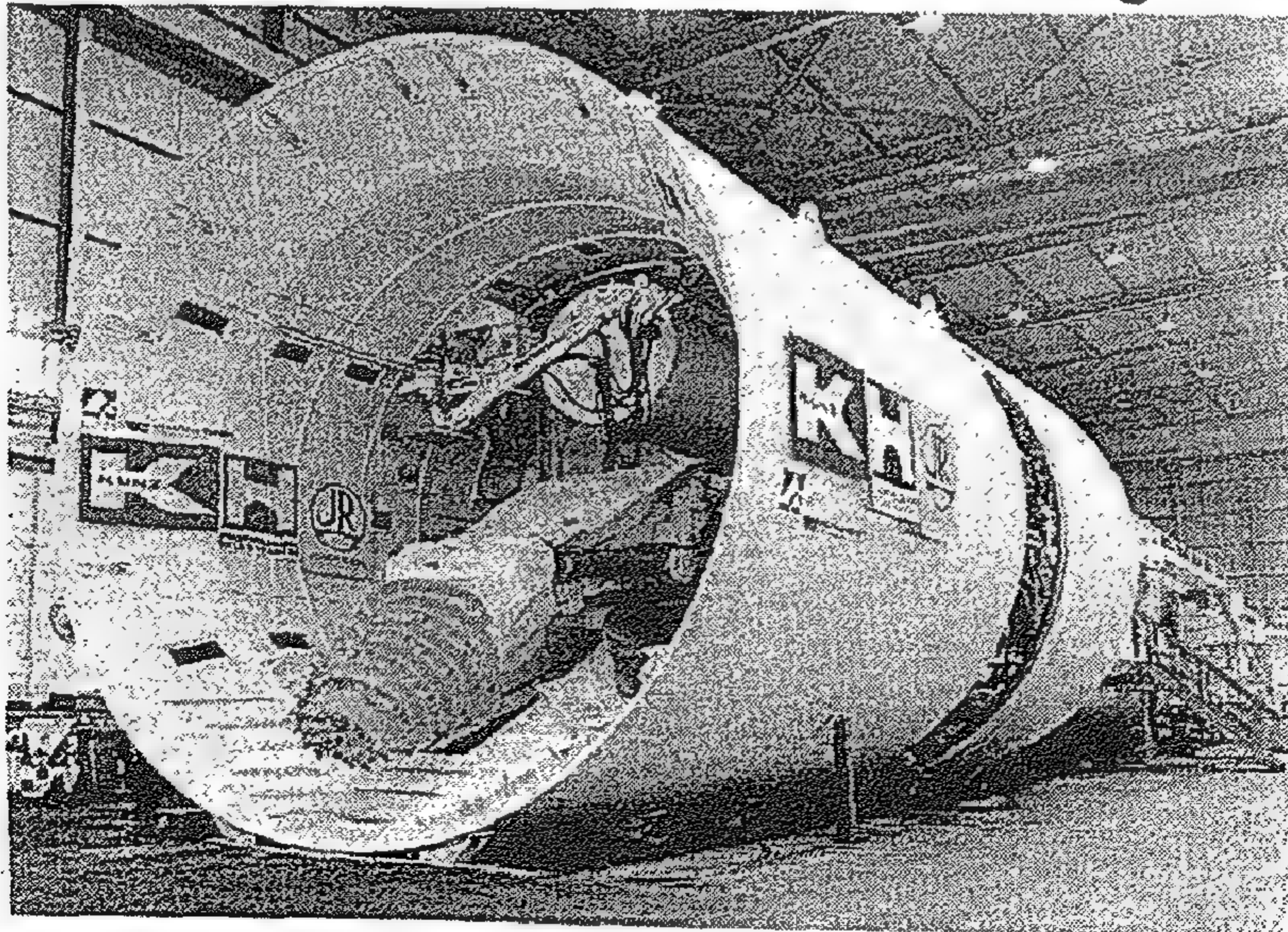


حفارة الصخور مع معدة دافعة Pusher لزيادة الضغط على الأرض الصخرية



شكل (١٤) إزالة نواتج حفر الصخور - حرث وتفكيك الأرض بالبلدوزر ثم إعادة تجميعها وتحميلها
ثانيا : طريقة الدرع :

تستخدم هذه الطريقة في الأنفاق الدائرية . يزود الدرع بمروحة أمامية دوارة و أسنان قوية تقوم بتحطيم الصخور . هذه الأسنان تكون من مادة عالية المقاومة جدا و تكون الماكينة مزودة بسير ناقل لنقل ناتج التكسير من واجهة النفق الي العربات الناقلة (الديكوفيل) و التي تسير علي قضبان معدنية لنقل نواتج التكسير الي خارج النفق . كما ينبغي أن يكون هناك مصدرا للمياه أمام المروحة و الأسنان للقيام بعملية التبريد و تقليل الغبار الناتج من عملية التكسير - شكل (١٥) .



شكل (١٥) الحفارة داخل الدرع

ص - وضع حديد التسليح للنفق الصخري و صب خرسانة التبطين :

تبطن الأنفاق بأحدي الطرق الآتية :

١ - تبطين بالخرسانة .

٢ - تبطين باستخدام مدفع الخرسانة .

٣ - باستخدام رقائق البولي فينيل كلورايد PVC - تستخدم هذه الرقائق في الأنفاق المنفذة بالحفر المكشوف وكذلك الأنفاق الصخرية فقط .

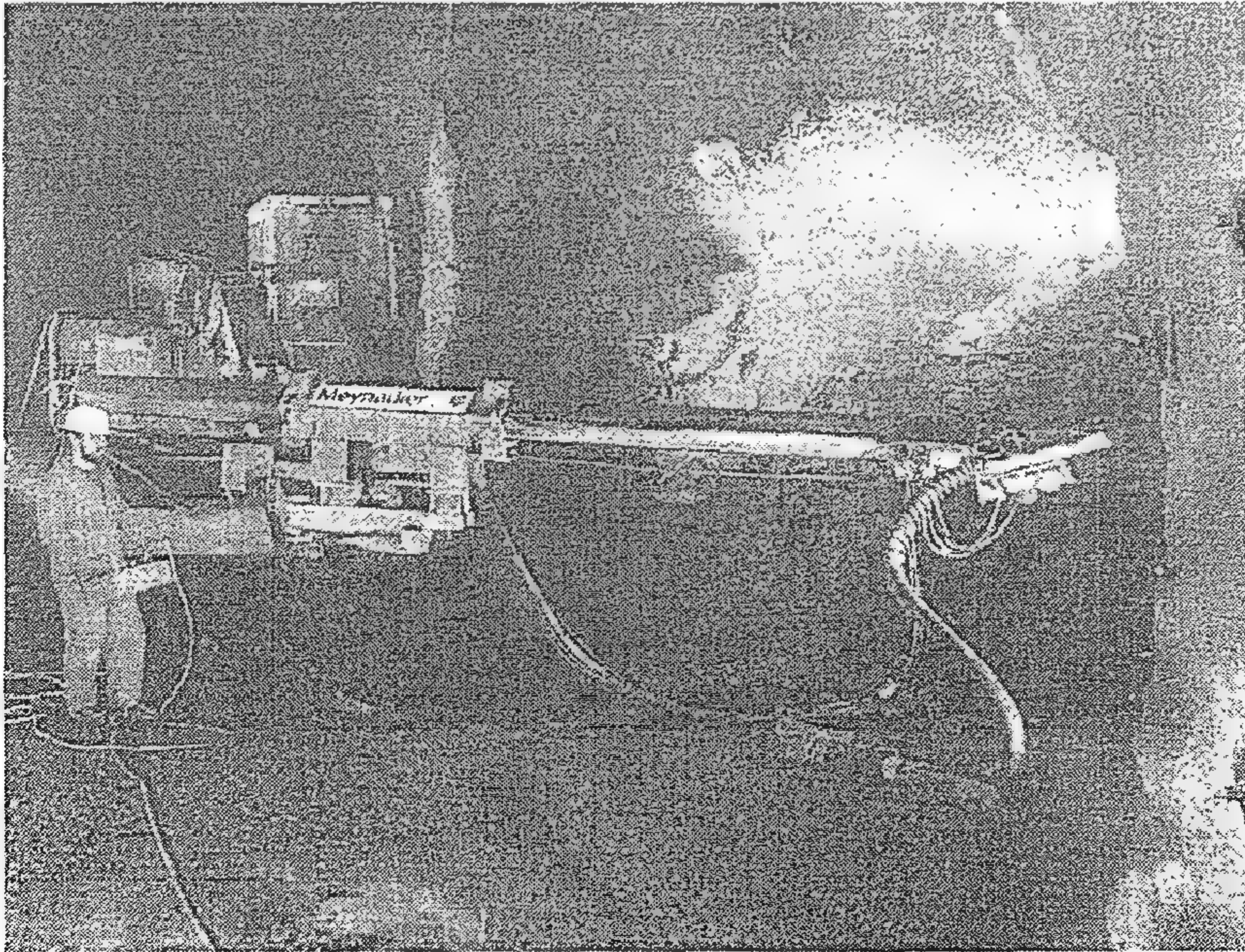
١ - تبطين بالخرسانة :

تستخدم الفرع المعدني سهلة الفك والتركيب لصب الخرسانات وتبطين النفق .

٢ - تبطين باستخدام مدفع الخرسانة :

يتم تركيب شبكة من حديد التسليح مع تثبيتها في المحيط الصخري للنفق و علي أن تكون في الموضع الصحيح . تدفع الخرسانة من خلال مدفع الخرسانة و بالخلطة الخرسانية الخاصة علي الجوانب الصخريه . توضع شبكة حديد تسليح قوية و علي أن يكون سمك التبطين ٢٠ - ٣٠ سم - شكل (١٦) .

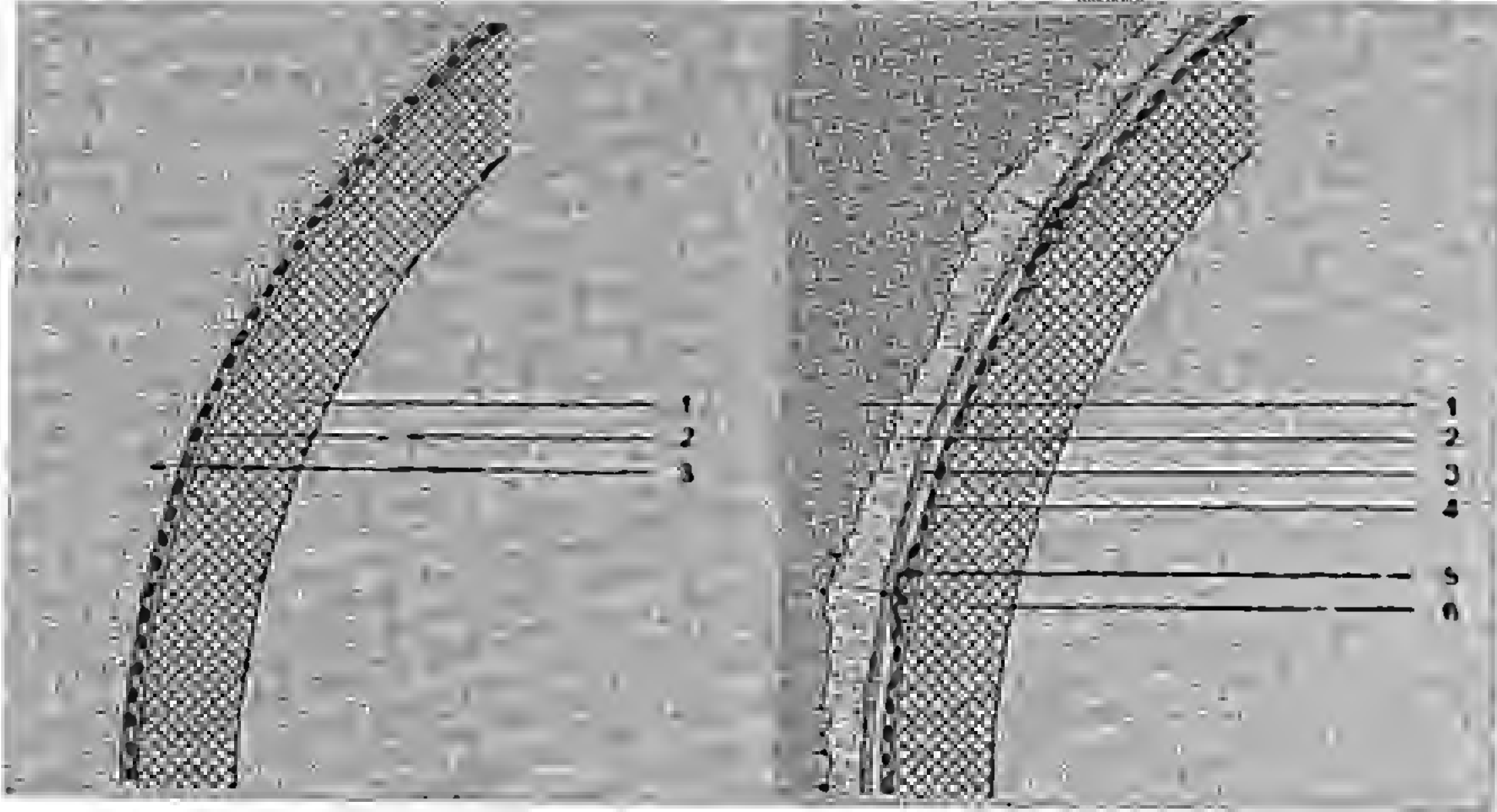
SHOTCRETE



شكل (١٦) آلة قذف الخرسانة لتبطين النفق

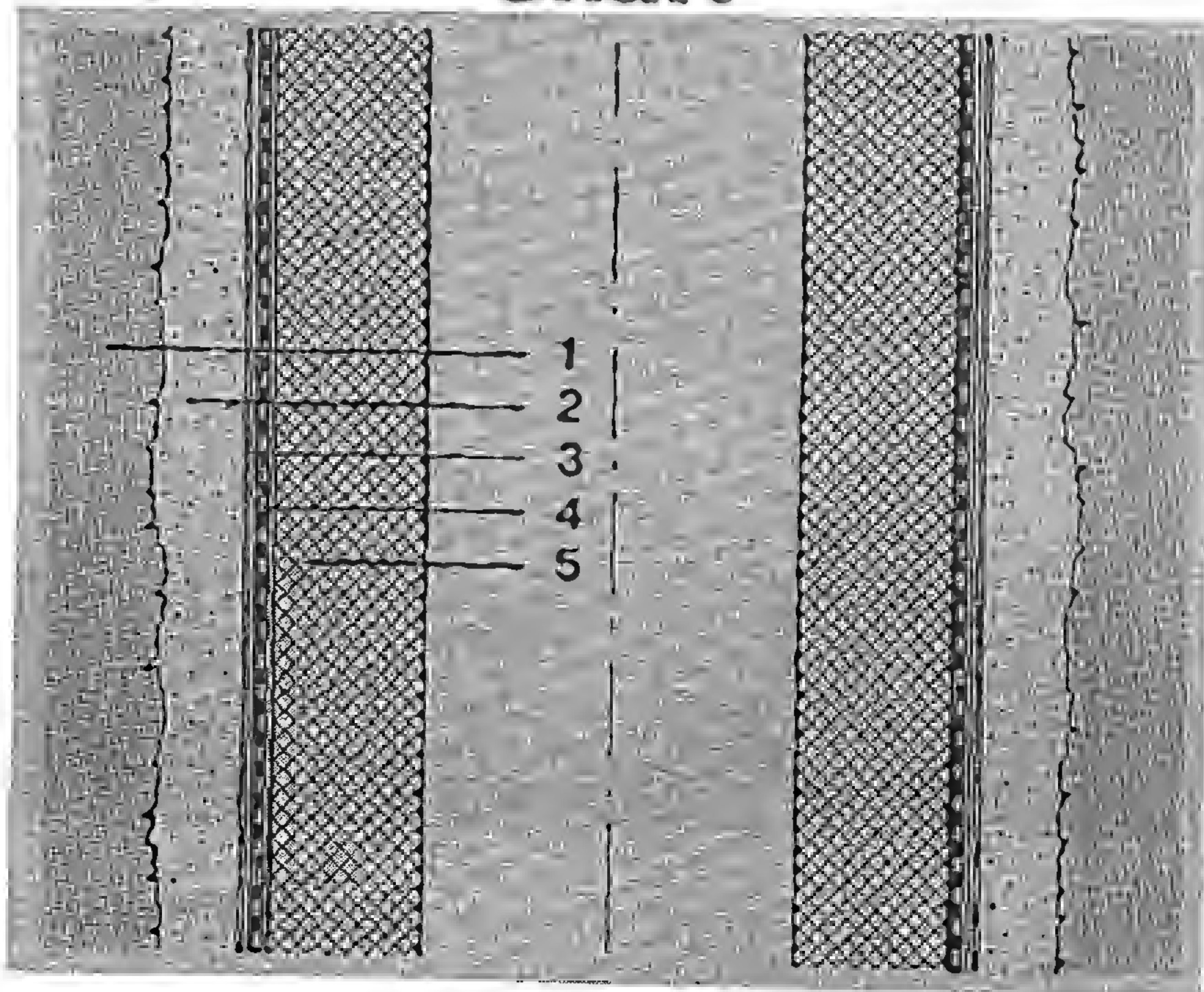
٣ - التبطين برقائيق البوليفينيل كلورايد :

يمكن طلب المقاسات المناسبة للعمل وكذلك سمك الرقائيق ، وعادة يكون السمك ٢ مم . يمكن أن تكون تلك الرقائيق مقاومة للحريق - شكل (١٧) ، يتم لحام ألواح البوليفينيل كلورايد باللحام بآلة دفع الهواء الساخن .

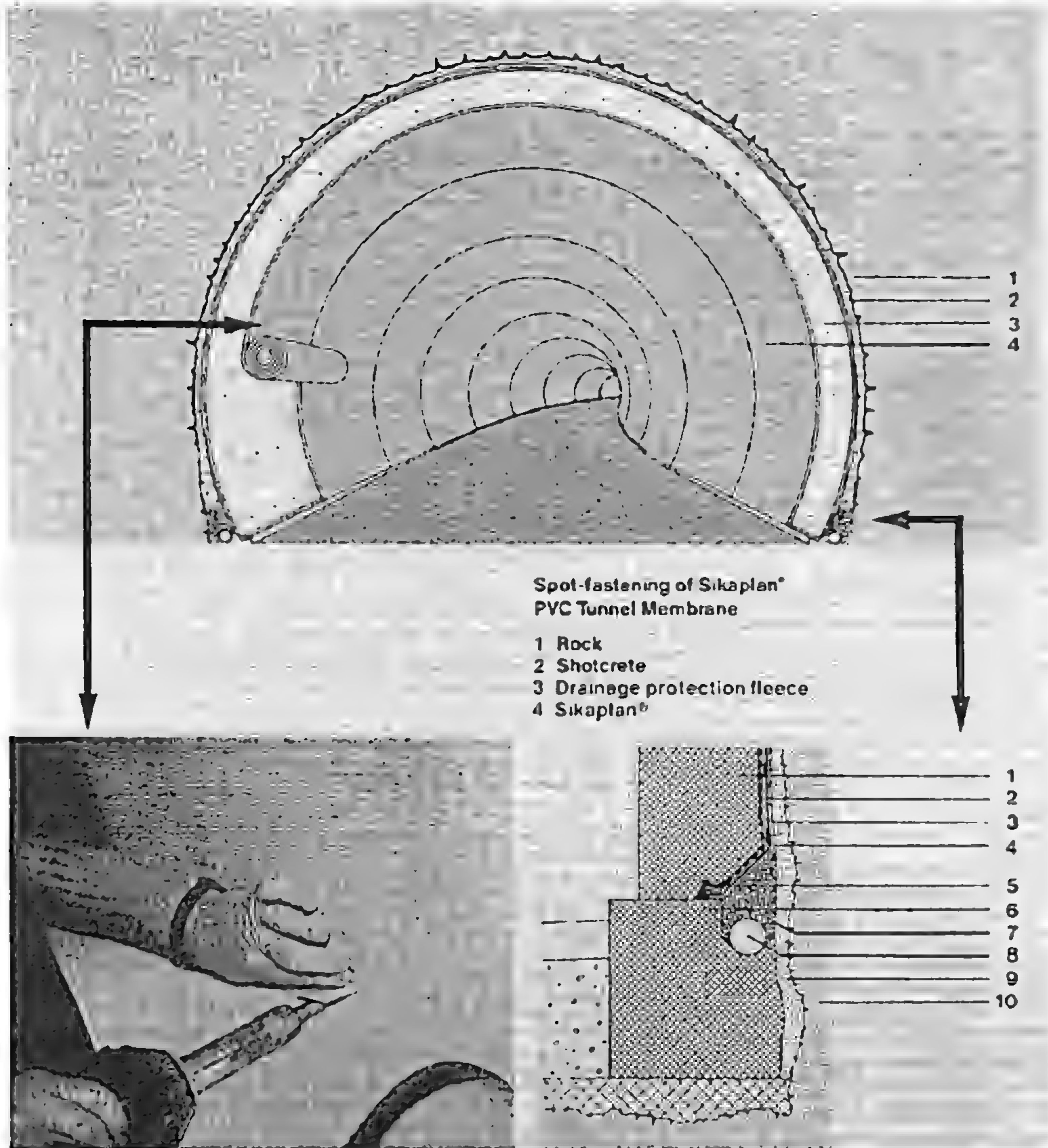


شكل (١٧) العزل بواسطة رقائيق البولي فينيل كلوريد لجوانب النفق المنشأ في الصخر

Shaft

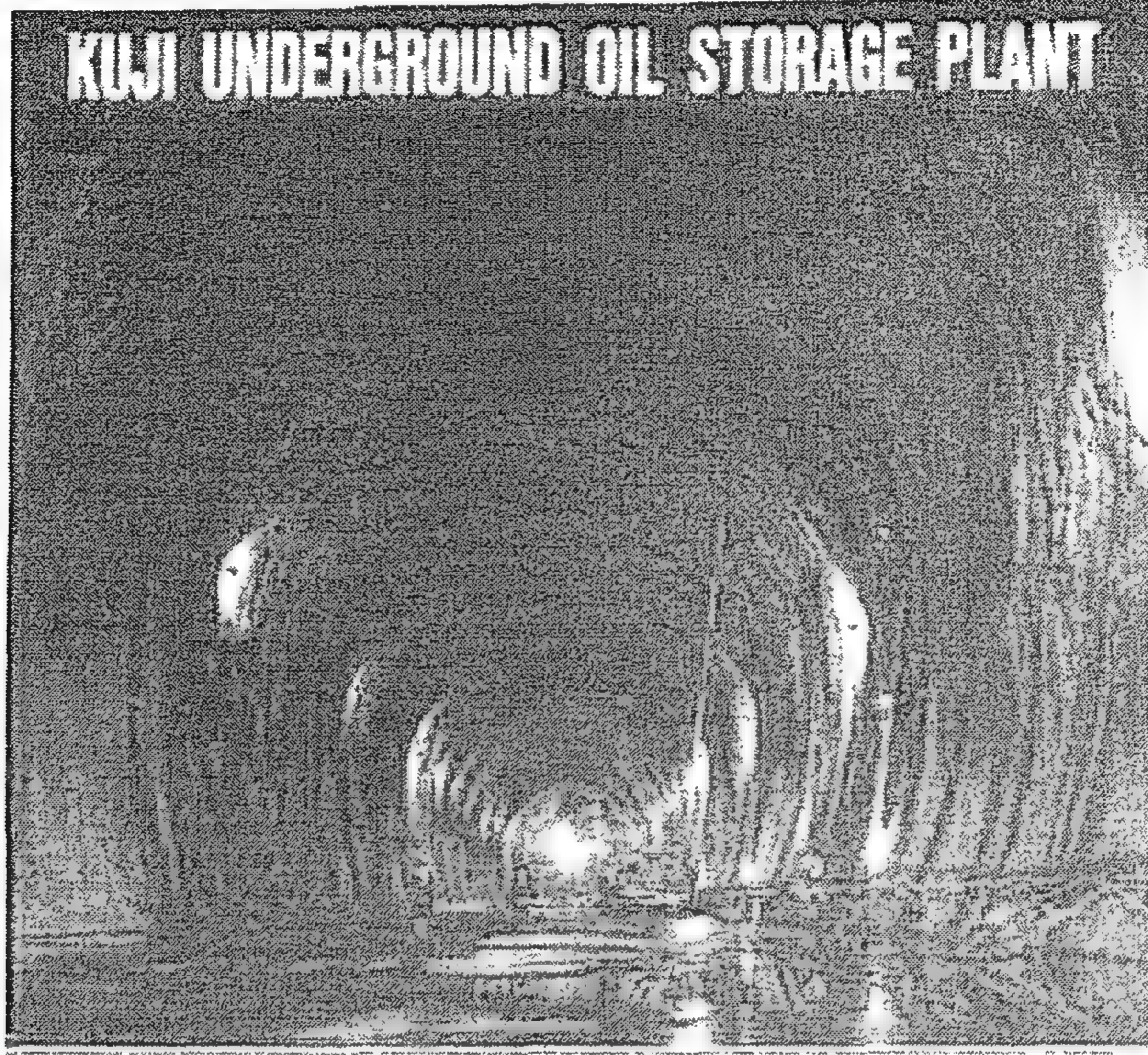


عزل البيارات الموجودة على النفق برقائيق PVC



شكل (١٧) عزل الأنفاق - يتم لحام ألواح البولي فينيل كلورايد باللحام بآلة دفع الهواء الساخن

نموذج لأحد الأنفاق الصخرية : شكل (١٨) .

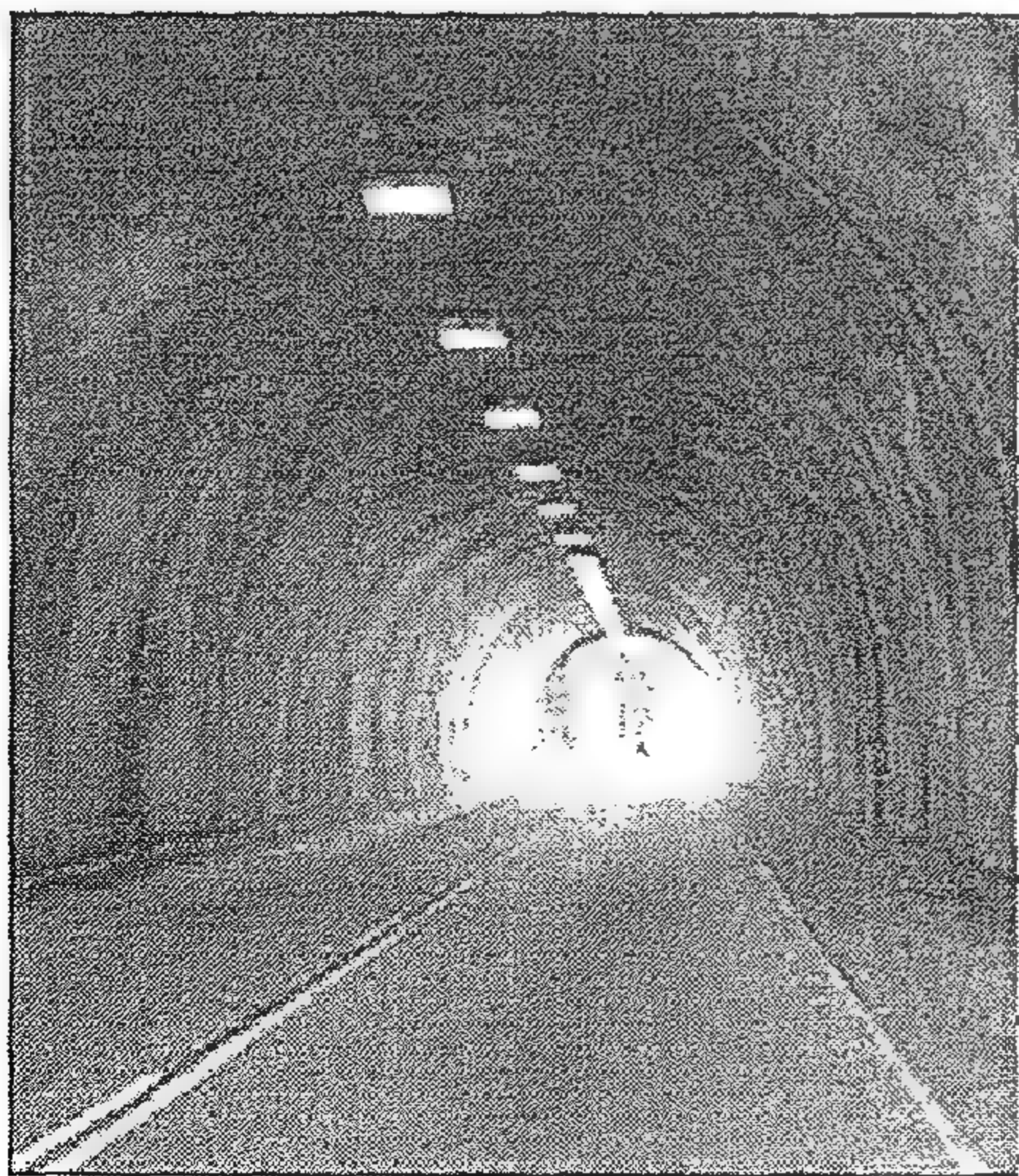


شكل (١٨)

نفق صخري لأغراض التخزين - اليابان

المراجع

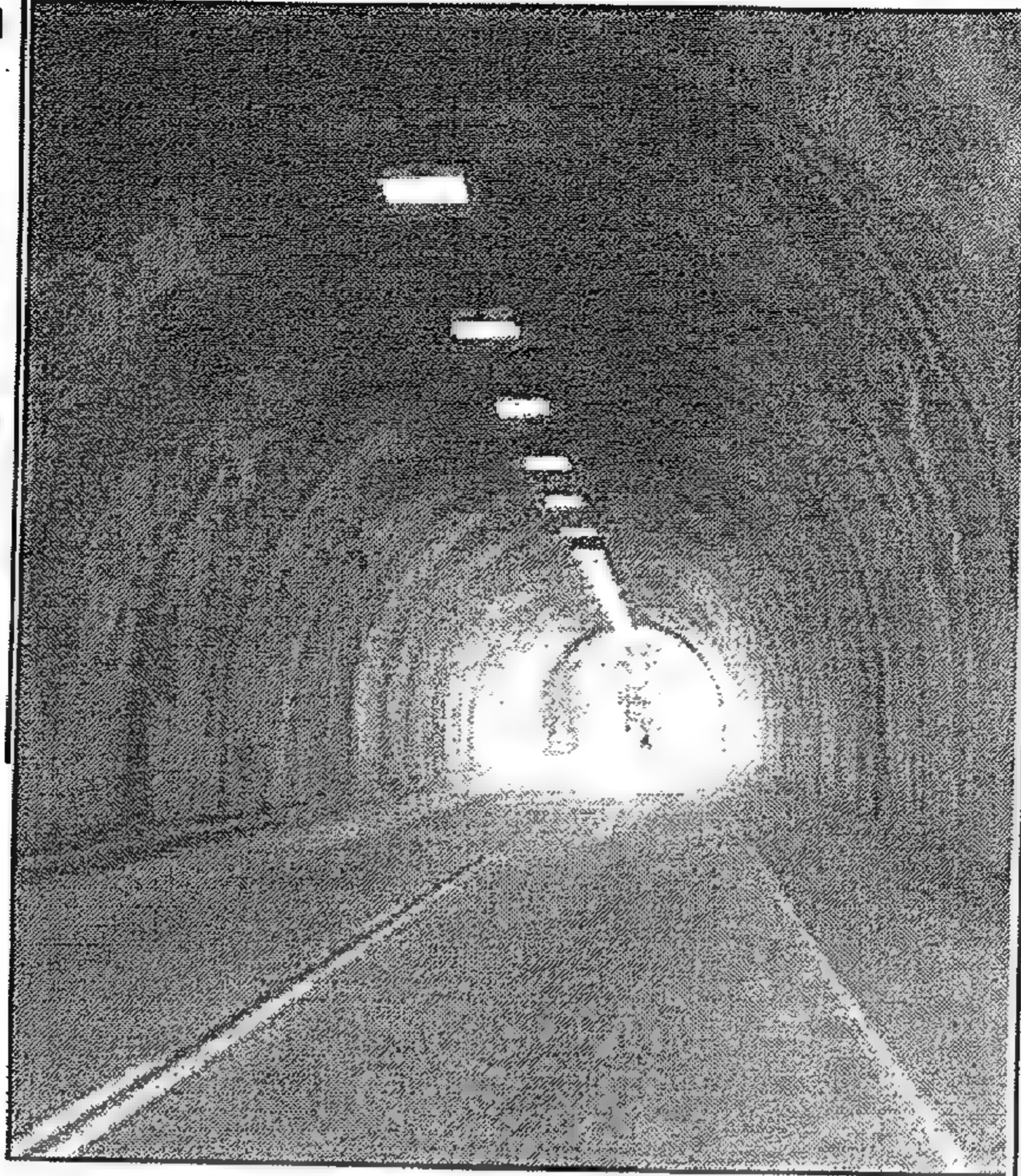
- ١ - مشروع أنفاق المجاري الرئيسية بالقاهرة الكبرى .
- ٢ - مؤتمر الأنفاق بالقاهرة ١٩٩٤ .
- ٣ - كتالوجات المصانع .
- ٤ - معهد التدريب الفني والمهني - شركة المقاولون العرب .



1

الإنشاءات المتميزة

حقوق النشر محفوظة



الباب السابع

الأنفاق ذات الأقطار الصغيرة

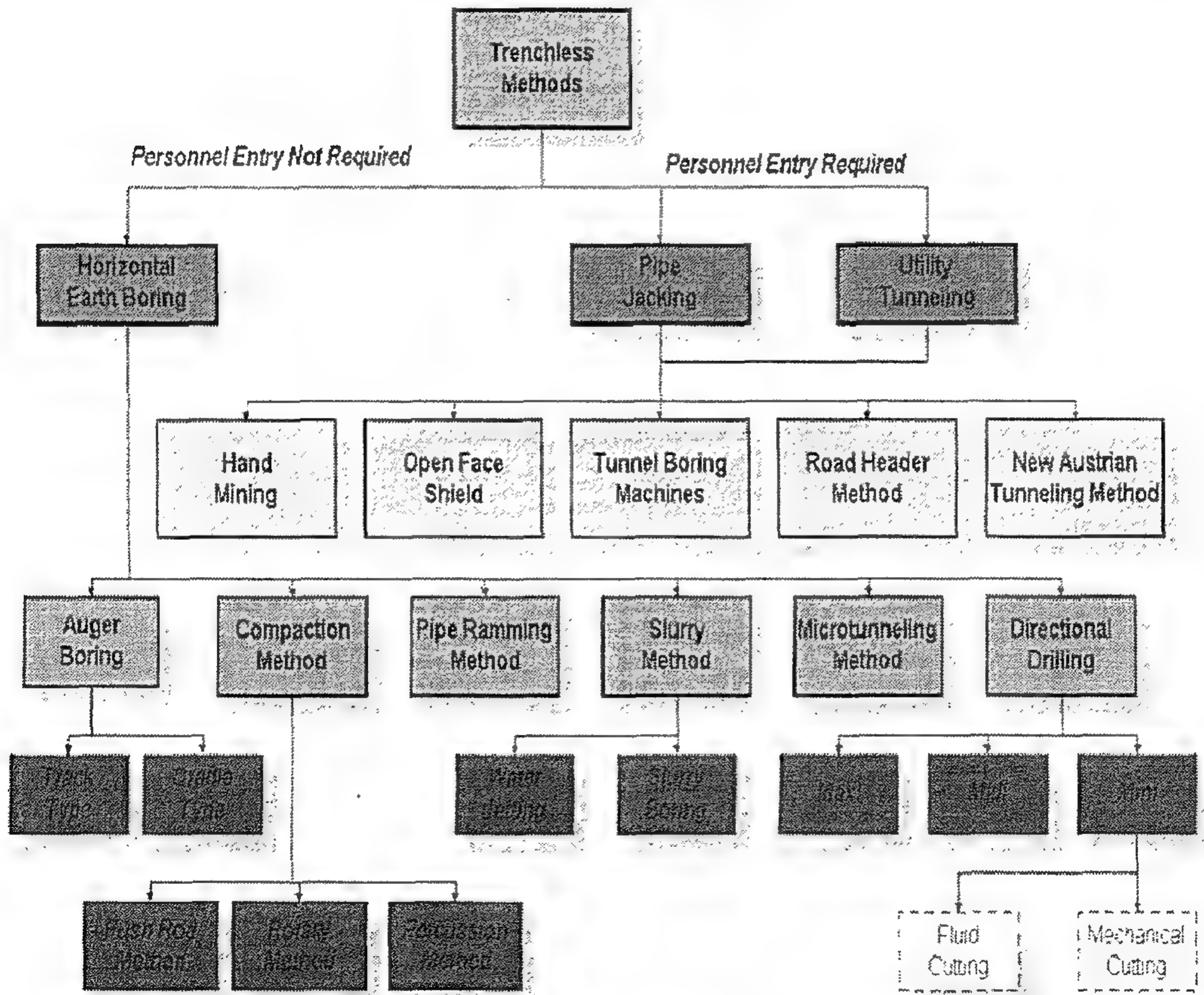
MICRO TUNNELS

الأنفاق ذات الأقطار الصغيرة

MICRO TUNNELS

: Micro Tunnels

تطلق هذه التسمية علي الأنفاق ذات الأقطار ٢٥٠ مم - ٨٠٠ مم حيث يتم الحفر آليا باستخدام Remote Control لتوجيه وتشغيل المعدة فوق سطح الأرض آليا ودون وجود أي من الأفراد داخل النفق نظرا لصغر القطر . ويمكن اختيار المعدة المناسبة للنفق تبعا لظروف الأرض الطبيعية ومواصفات النفق - شكل (١) .



شكل (١) كيفية اختيار المعدة المناسبة

وقد أمتد تنفيذ هذه الأنفاق حتي وصل الي قطر ١٥٠٠ مم بنفس التكنيك . ويمكن توصيف عناصر تنفيذ الأنفاق الي ما يلي :

١ - الماسورة :

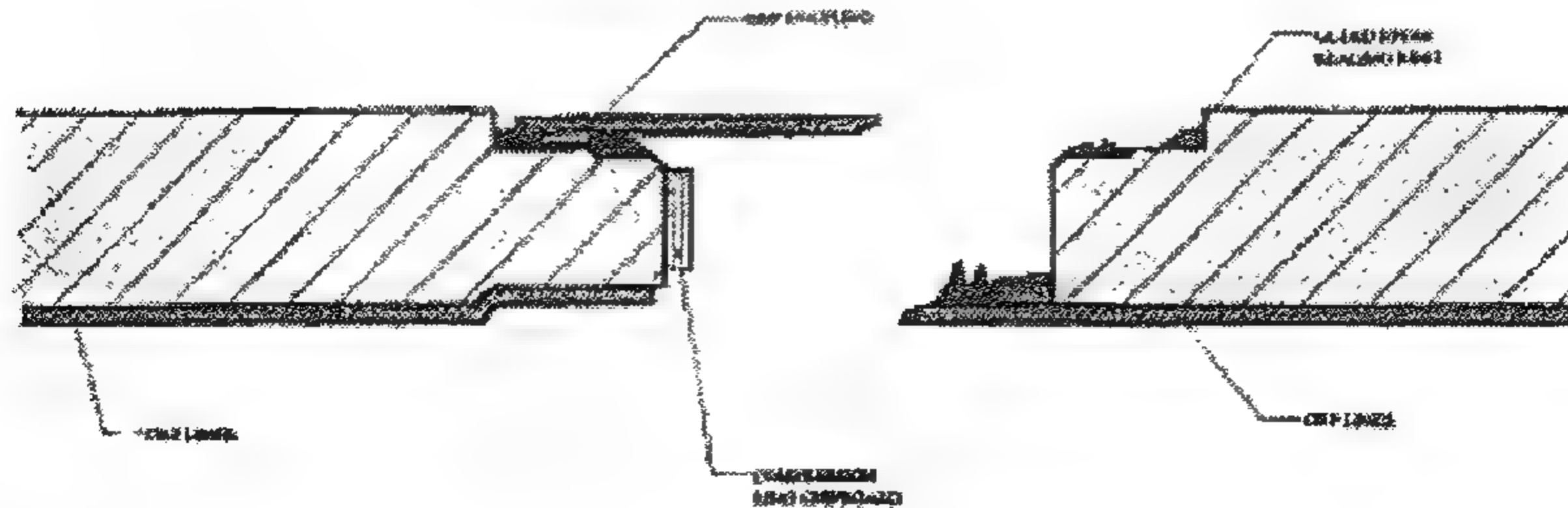
تصنع الماسورة المستخدمة في النفق من البوليستر أو الفخار أو الخرسانة المسلحة أو الزهر المرن أو الخرسانة العادية أو الصلب حسب الحاجة وخسب التصميم وتوفر الماسورة ، كما يصل العمق ١٥ متر بدون أنظمة تخفيض المياه مثل الآبار العميقة أو تثليج التربة أو استخدام الهواء المضغوط .

أنواع المواسير المستخدمة :

(أ) المواسير من الخرسانة البوليمرية :

تكون المواسير من الخرسانة البوليمرية المغلفة بطبقات من البوليستر من الداخل والخارج ، من النوع ذو الرأس والذيل بسبك يتم تصميمه لمقاومة ضغط الروافع وبطول لا يزيد عن ٣ متر . علي أن سمك البدن يحدد من قوة الروافع الهيدروليكية والتي يتم تحديدها أيضا من القوة اللازمة لدفع النفق بطول معين ، فمثلا قوة الروافع تكون أكبر في حالة النفق الأطول للتغلب علي قوي الاحتكاك بين بدن الماسورة و التربة المحيطة بها وكذلك عمق الماسورة من سطح الأرض حيث يمكن ان تكون الماسورة حتي ١٥ مترا تحت سطح الأرض . تترك مسافة لا تزيد عن ٨ - ١٠ سم من ذيل الماسورة الفيبرجلاس بدون تغليف بالخرسانة شكل (٢) . مواصفات الماسورة - جدول (١)

Poly-Glass JACKING PIPE



شكل (٢) ماسورة خرسانية بوليمرية مغلفة من الداخل والخارج بطبقتين من الفيبرجلاس

جدول (١)

مواصفات الماسورة

القطر (مم)	سمك البدن (مم)	قوة الدفع (طن)	طول الماسورة (مم)	وزن الماسورة (كجم)
٦٠٠	٨٠	٢٠٠	٢٠٠٠	٧١٠
٨٠٠	٨٥	٢٣٠	٢٠٠٠	٩٢٠
١٠٠٠	٩٠	٢٧٠	٣٠٠٠	٢٠٧٥
١٢٠٠	١٢٥	٦١٧	٣٠٠٠	٣٥٠٠
١٥٠٠	١٤٠	٥٨٥	٣٠٠٠	٥٢٠٠
١٦٠٠	١٥٥	١٠١٦	٣٠٠٠	٦٧٥٠

٨٠ N/mm²

Compressive strength

٢٨ Kn/MM²

Modulus of elasticity

١٠ N/mm²

Tensile strength

٢٠ N/mm²

Ring bending strength

١٨ N/mm²

Ring Fatigue strength

٠,٢ mm / 1000 load cycles

Abrasion resistance

٢٠ × ١٠^{-٦} / c

Thermal expansion

تستخدم هذه المواسير بكفاءة في أعمال الصرف الصحي والصناعي (مواسير انحدار)، كما تستخدم كمواسير ضغط في نقل مياه الشرب أو الصرف الصحي حتى ضغط ٢٠ ض . ج و بقطر حتى ٢٠٠٠ مم وطول ٦ متر .

ملاحظة :

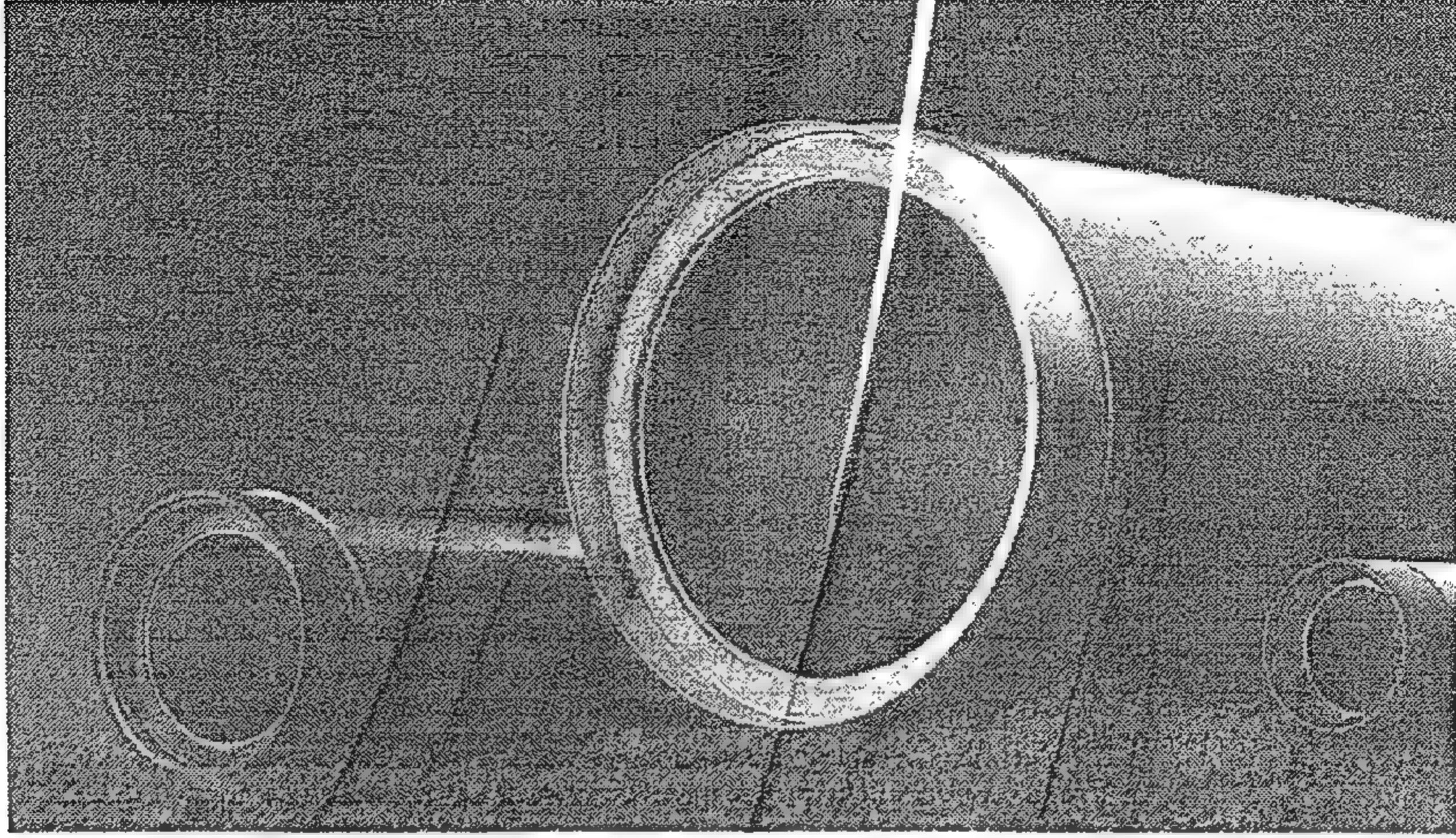
هذه المواسير تصنع لأغراض :

- ١ - صرف المخلفات الصحية (مواسير أنحدار) .
- ٢ - صرف المخلفات الصحية والصناعية (مواسير أنحدار) .

٣ - تعمل كمواسير ضغط Pressure Pipe .

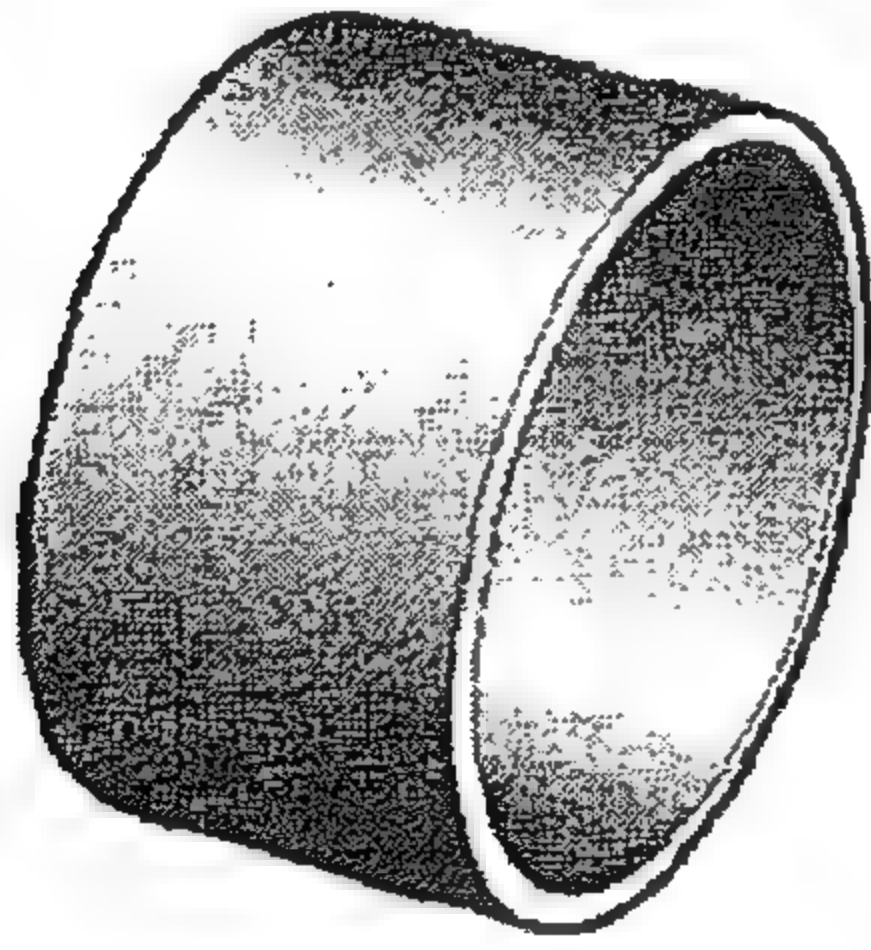
ب - المواسير الفخار :

شكل (٣) :



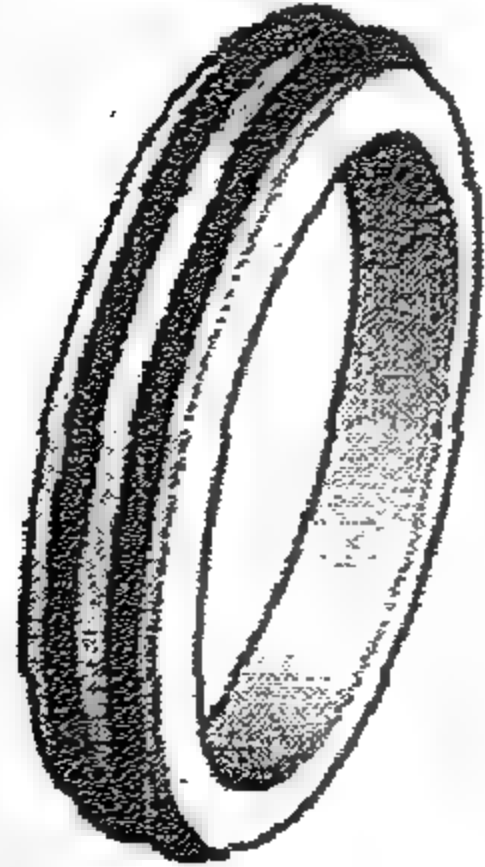
شكل (٣) مواسير فخار مصنعة للدفع الهيدروليكي

Joint component



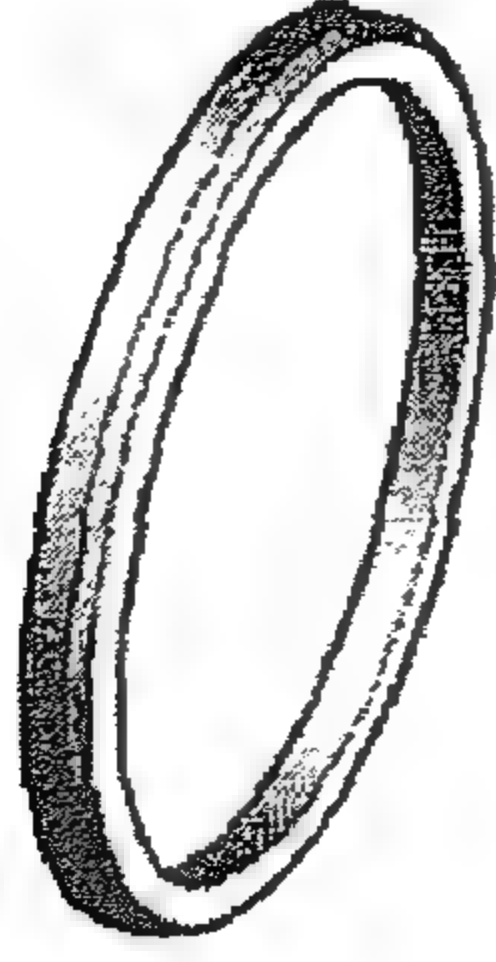
Sleeve

الطوق الخارجي من معدن ستينلس ستيل



Sealing Rings

حلقة دائرية مانعة للمياه - مصنعة من المطاط



Filler Rings

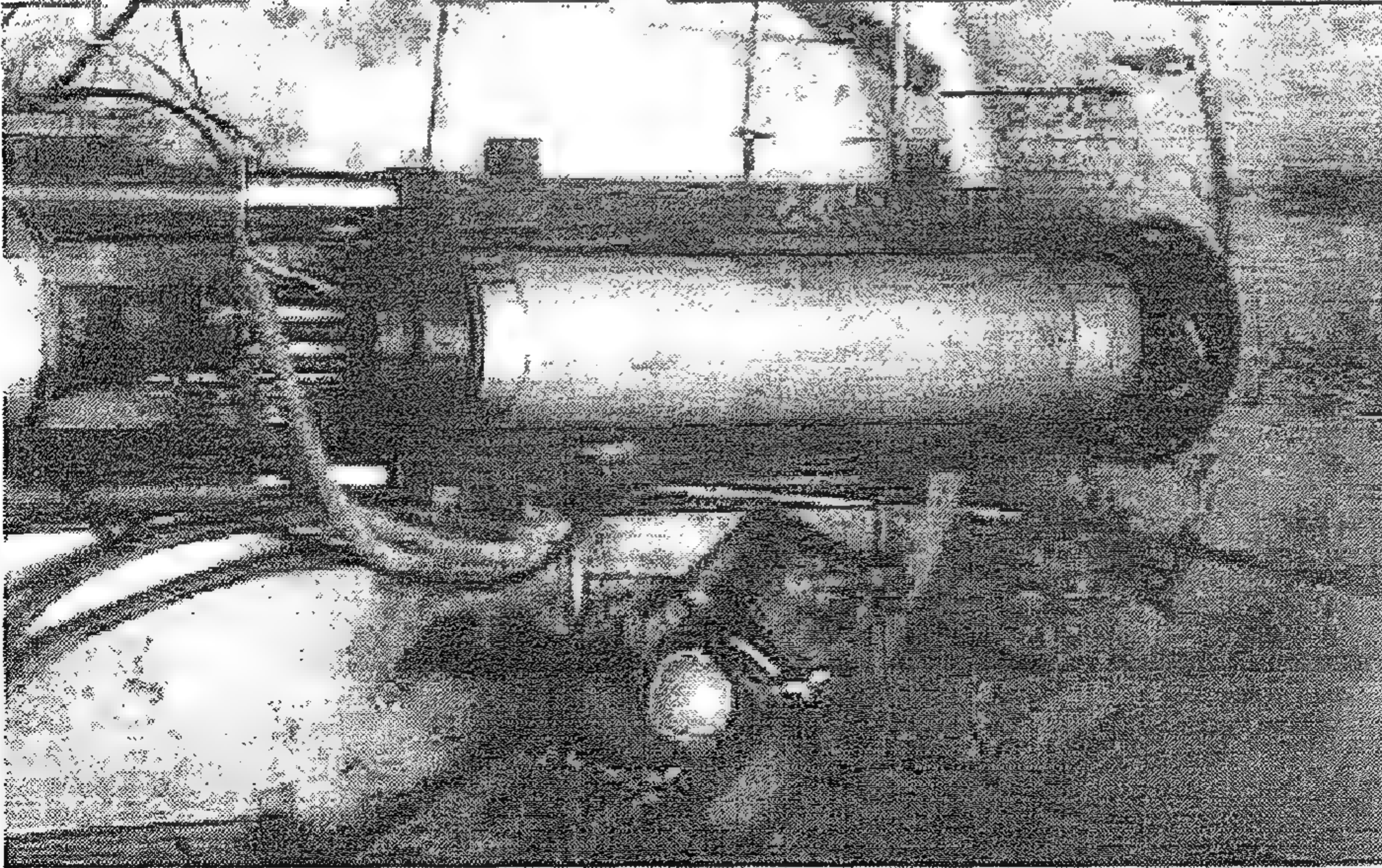
حلقة مألئة - مصنعة من المطاط



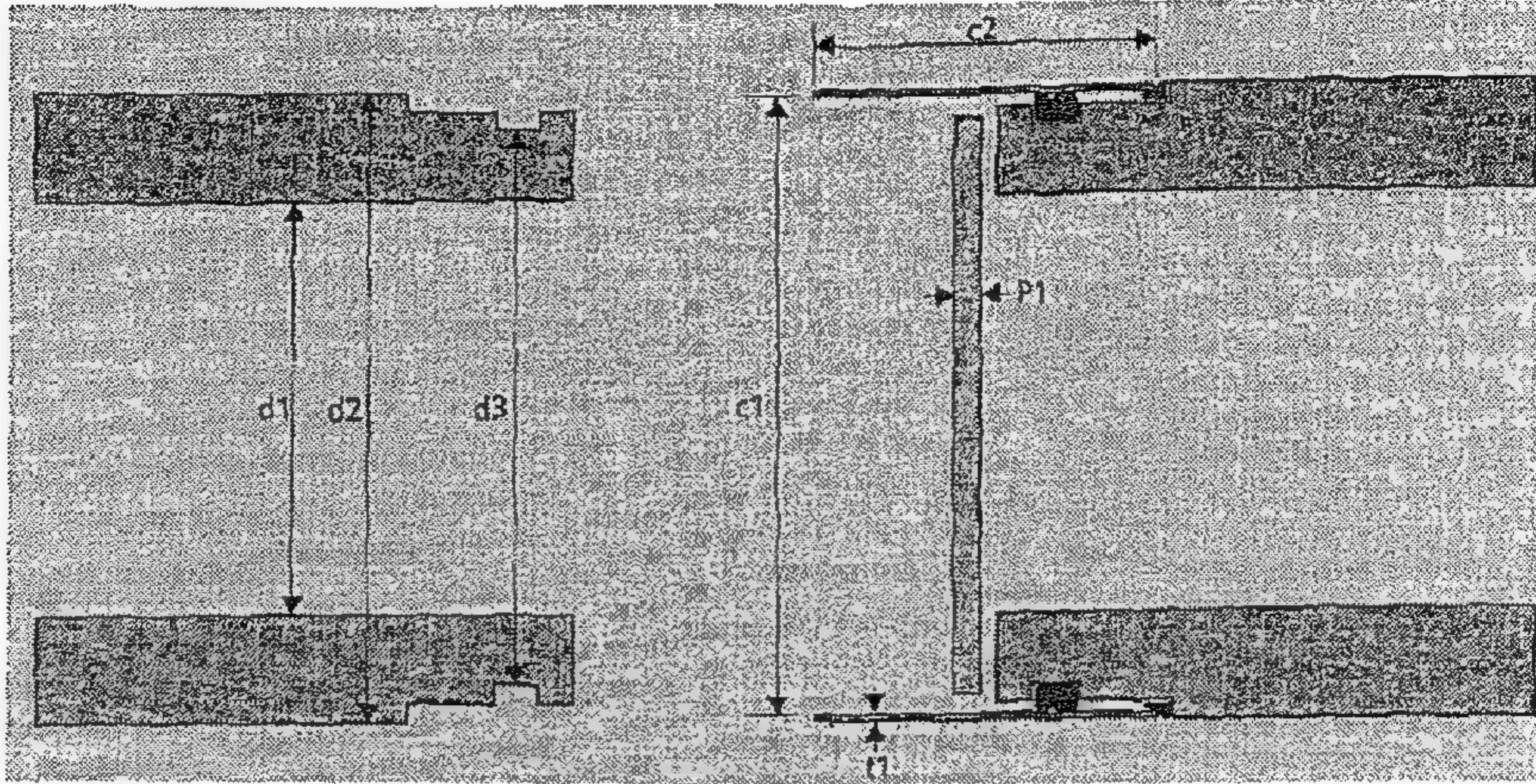
Joint Packing Ring

حلقة بين المواسير - لمنع تهشم حواف المواسير - مصنعة من الخشب
تفاصيل الوصلة بين المواسير الفخار

VITRIFIED CLAY JACKING PIPES



تابع شكل (٣) الماسورة الفخار أثناء عملية الدفع



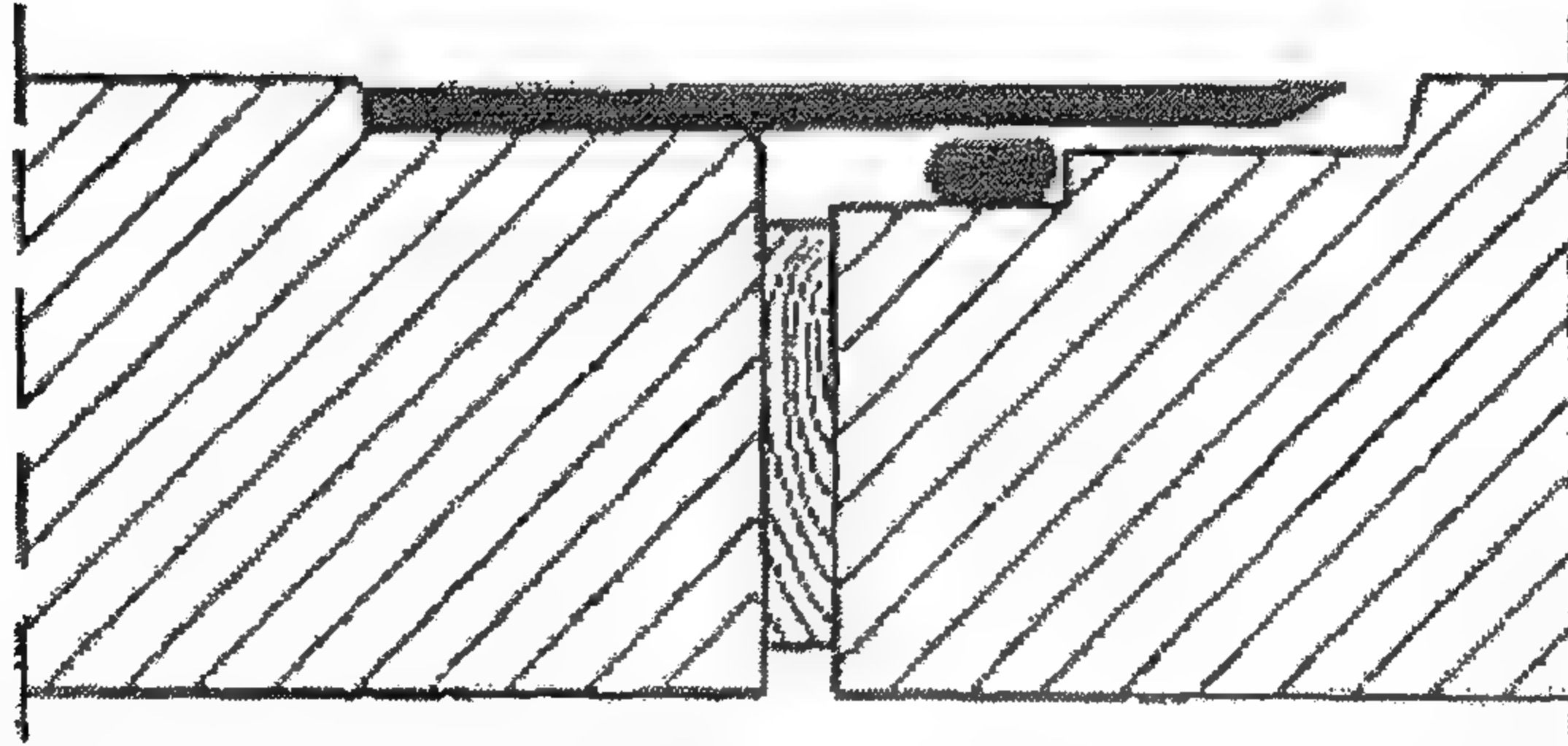
شكل (٣)

وصلة المواسير الفخار المستخدمة في الأنفاق - الطوق الخارجي من معدن ستيملس ستيل .

تصلح الوصلة لمواسير أقطار ٢٥٠ - ١٢٠٠ مم

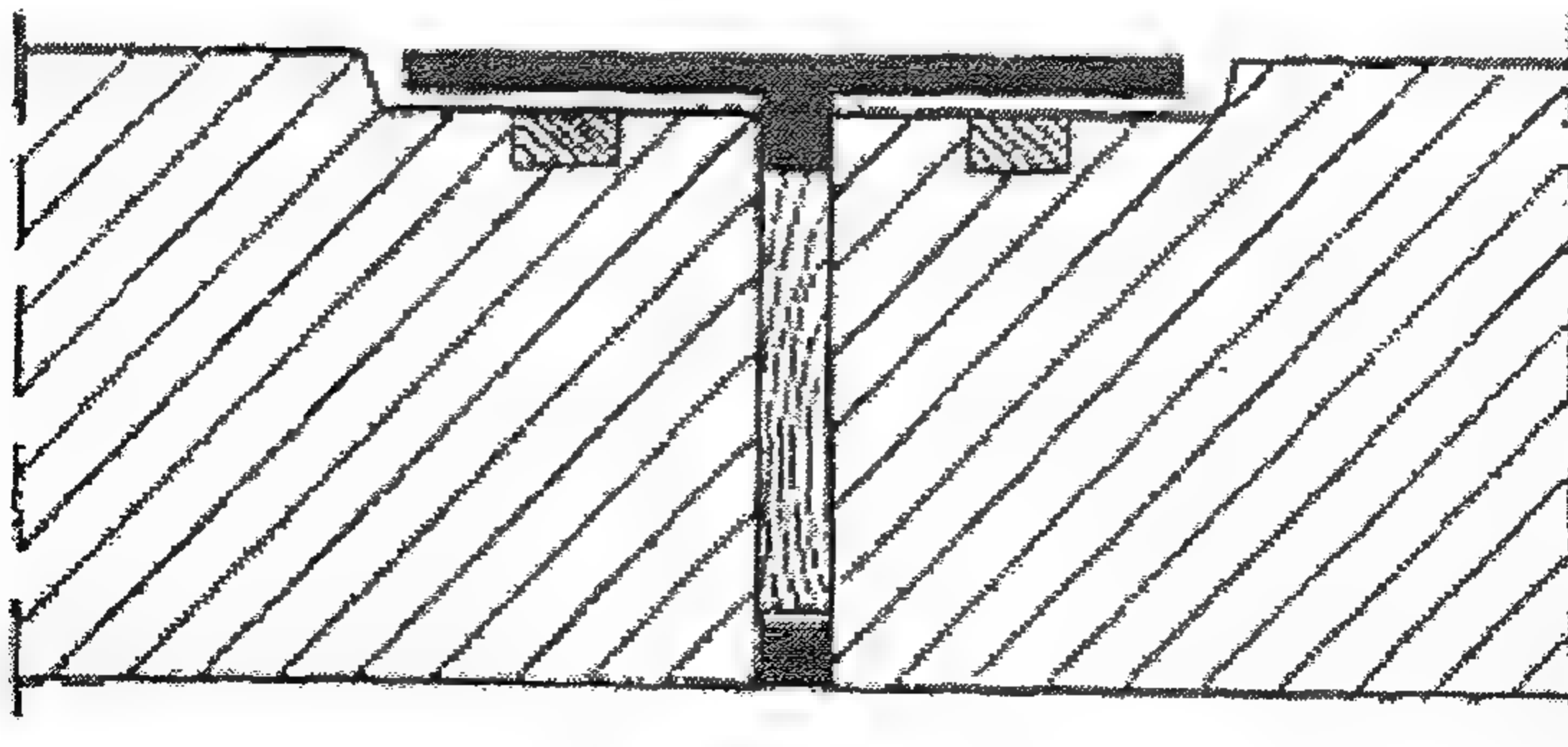
ج - وصلات المواسير الخرسانة :

شكل (٤) .

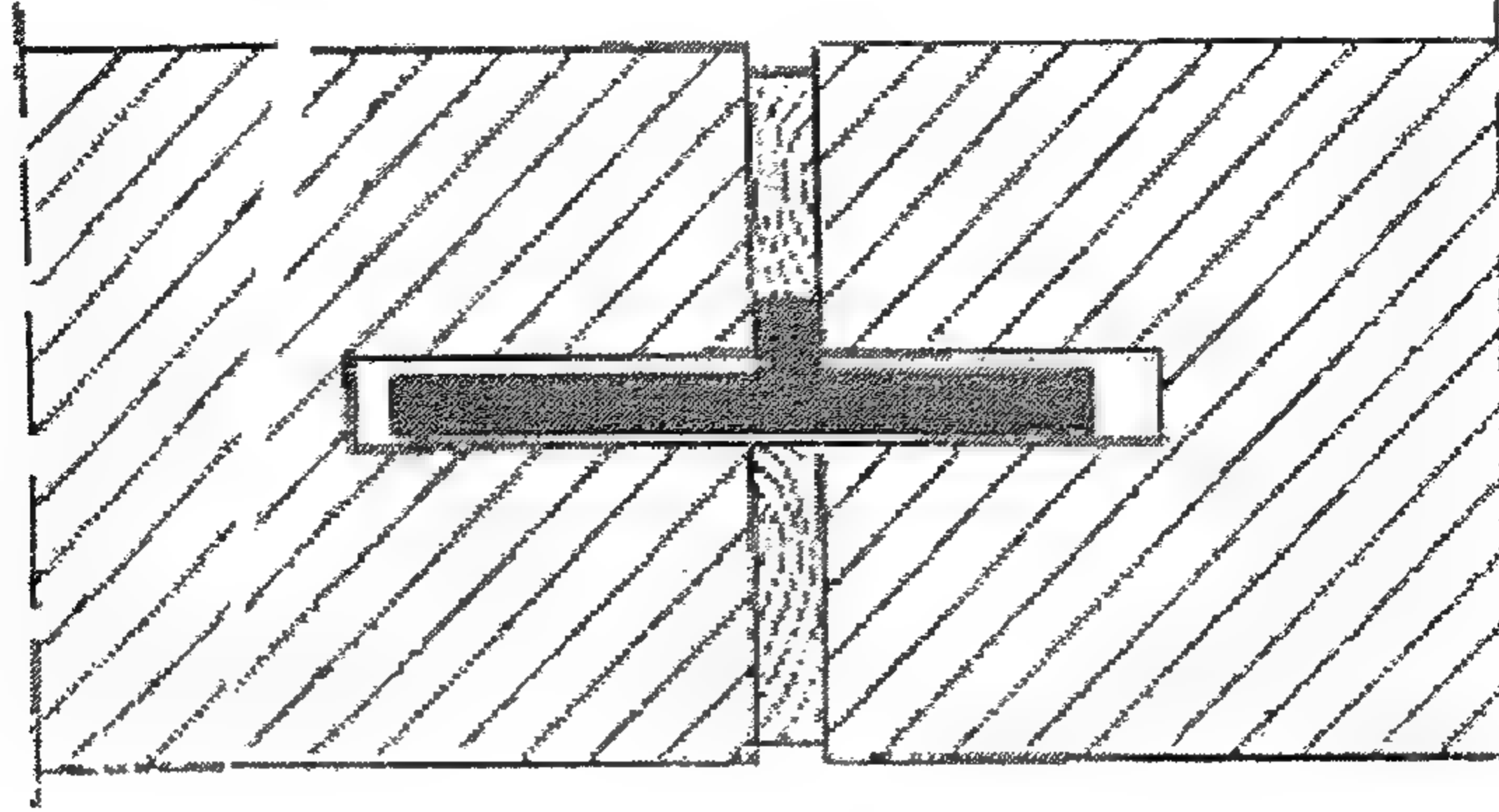


الحلقة المعدنية ثابتة في أحدي الماسورتين Steel collar integral with one pipe

(أكثر النظم المستخدمة في مصر)



حلقة معدنية حرة loose steel collar



شكل (٤)

حلقة مشتركة بين الماسورتين Dowelled joint

يمكن بهذه الطريقة أن تنفذ مواسير أنحدار أو ضغط . أقل مسافة بين الراسم العلوي للنفق و سطح الطريق ٢,٥ متر . يفضل ألا يقل قطر النفق عن ٢٥٠ مم . يمكن استخدام نوعيات أخرى من المواسير مثل المواسير الفخار والزهر المرن والخرسانة العادية والخرسانة المسلحة و المواسير الصلب .

جدول (١) ، يحدد الطول الأقتصادي لدفع المواسير الفخار - (المسافة بين، غرفتي الدفع والاستقبال) .

جدول (١)

القطر مم	الطول الأقتصادي لدفع المواسير للفخار متر	أقصى طول لدفع المواسير الفخار متر
٢٥٠	٨٠ - ٦٠	١٢٠
٣٠٠	٩٠ - ٦٠	١٢٥
٤٠٠	١٠٠ - ٧٠	١٣٠
٥٠٠	١٢٠ - ٨٠	١٤٠
٦٠٠		١٥٠
٧٠٠		١٦٠
٨٠٠		١٧٠
١٠٠٠		١٦٠

لا يتم تخفيض منسوب المياه الأرضية أو استخدام الهواء المضغوط أو تجميد التربة لمقاومة رشح المياه .

٢ - غرف الدفع و الأستقبال :

تنفذ هذه الغرفة في أماكن المطابق للأقتصاد في التكاليف حيث يتم تحويل الغرفة بعد أنتهاء الأعمال الي مطبق . مقاس الغرفة حوالي 4×6 (مقاس داخلي - حسب طراز المعدة وقطر الماسورة) من الخرسانة المسلحة ، منسوب أرضية الغرفة أوطي من منسوب الراسم السفلي للماسورة (Invert Level) بمقدار ٥٠ سم - شكل (٥) . يمكن أن تنشأ الغرفة من الستائر المعدنية مع عمل حائط أرتكاز خلفي لمقاومة رد فعل الروافع .

غرفة الأستقبال بمقاس حوالي 2×4 (مقاس داخلي - حسب طراز المعدة وقطر الماسورة) تتحول الي مطبق بعد نهو الأعمال أو تكون من الستائر المعدنية أو الشدات الخشبية أو الحلقات الخرسانية الجاهزة حسب الحالة وتكون أبعادها ملائمة لخروج الدرع والحفارة منها بسهولة . جدول (٢) يحدد مقاسات غرفة الدفع والأستقبال بالنسبة لطرزات معدات الحفر وكذلك للأقطار المختلفة .

جدول (٢)

طراز المعدة	القطر مم	قطر غرفة الدفع متر	قطر غرفة الأستقبال متر	طول الماسورة متر
AVN 250	٣٦٨ - ٤١٥	٣	٢,٥	٢,٠٠
AVN 300	٤١٥ - ٥٦٥			
AVN 400	٥٦٥ - ٦٦٥			
AVN 500	٦٦٥ - ٧٦٠			
AVN 600	٧٦٠ - ٨٦٥	٣ - ٣,٠٥	٢,٥	٢,٠٠
AVN 700	٨٦٥ - ٩٧٥	٣,٠٥ - ٣,٢		

الباب السابع : الأنفاق ذات الأقطار الصغيرة MICRO TUNNELS

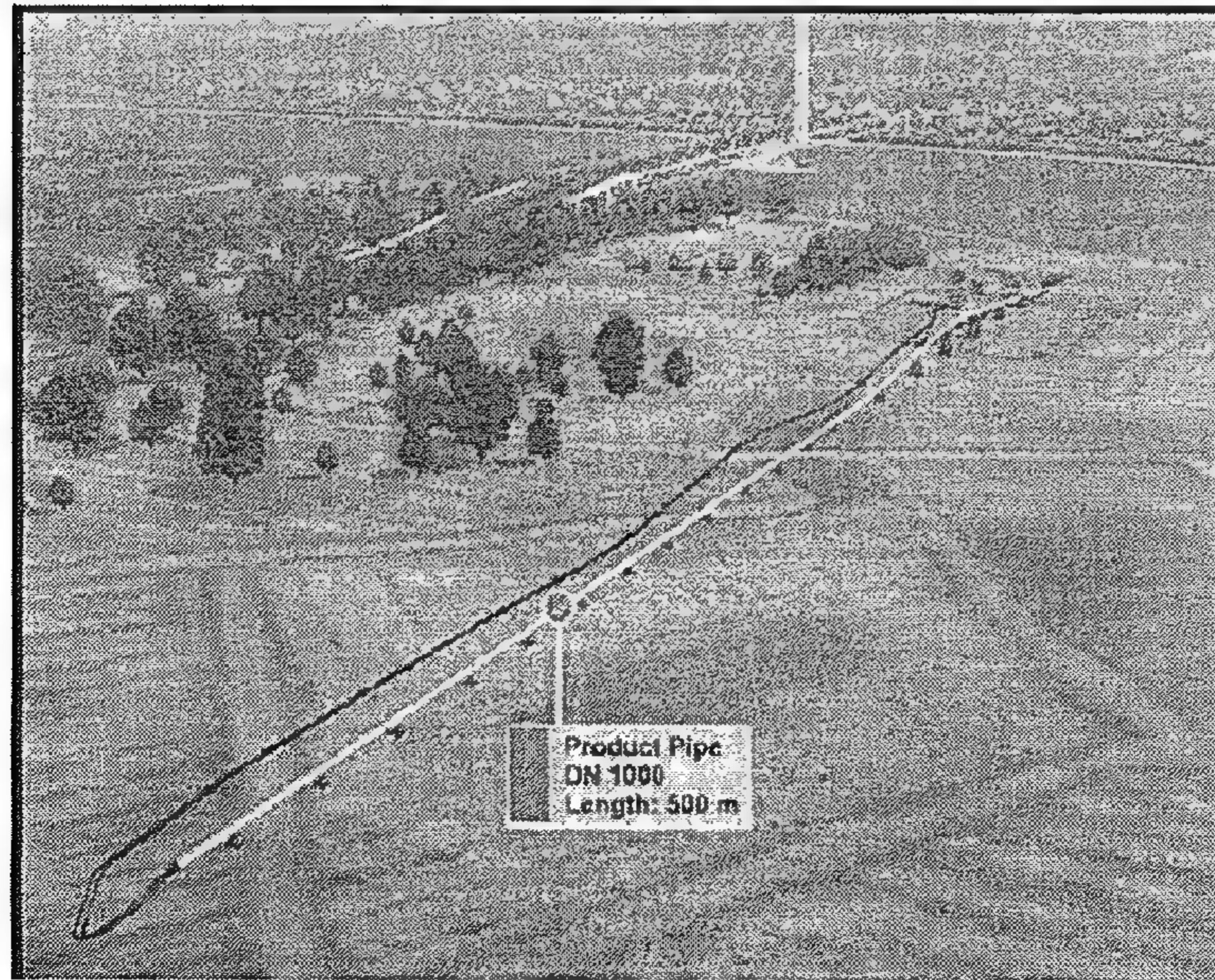
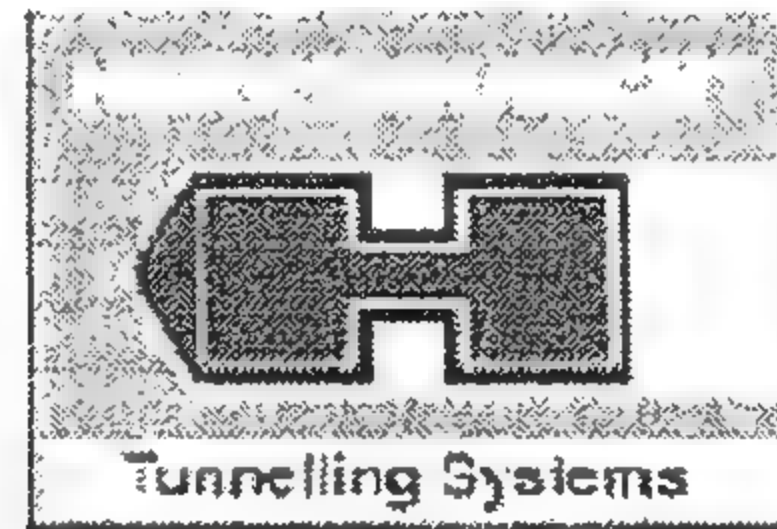
٢,٥	٣,٥٥	٤,٢٧	١١١٠ - ٩٧٥	AVN 800B
٣,٥٥		٣,٥ - ٤,٥	١٢٨٠ - ١١١٠	AVN 800
			١٤٥٠ - ١٢٠٠	AVN 1000
	٣,٦	٤,٥٧	١٨٣٠ - ١٤٥٠	AVN 1200

توضع حلقة من المطاط في حائط الغرفة في مدخل الماسورة لمنع خروج المياه من حول الدرع الأمامي . توضع أيضا حلقة ممثلة في غرفه الأستقبال (في حالة وجود مياه رشح) ولا لزوم لها في حالة عدم وجود المياه . لا تزيد المسافة بين غرفتي الدفع والأستقبال عن ١٠٠ متر .

الأنفاق الصغيرة - طراز AVN باستخدام المواسير الصلب :

١ - دفع المواسير بنظام الدفع المباشر :

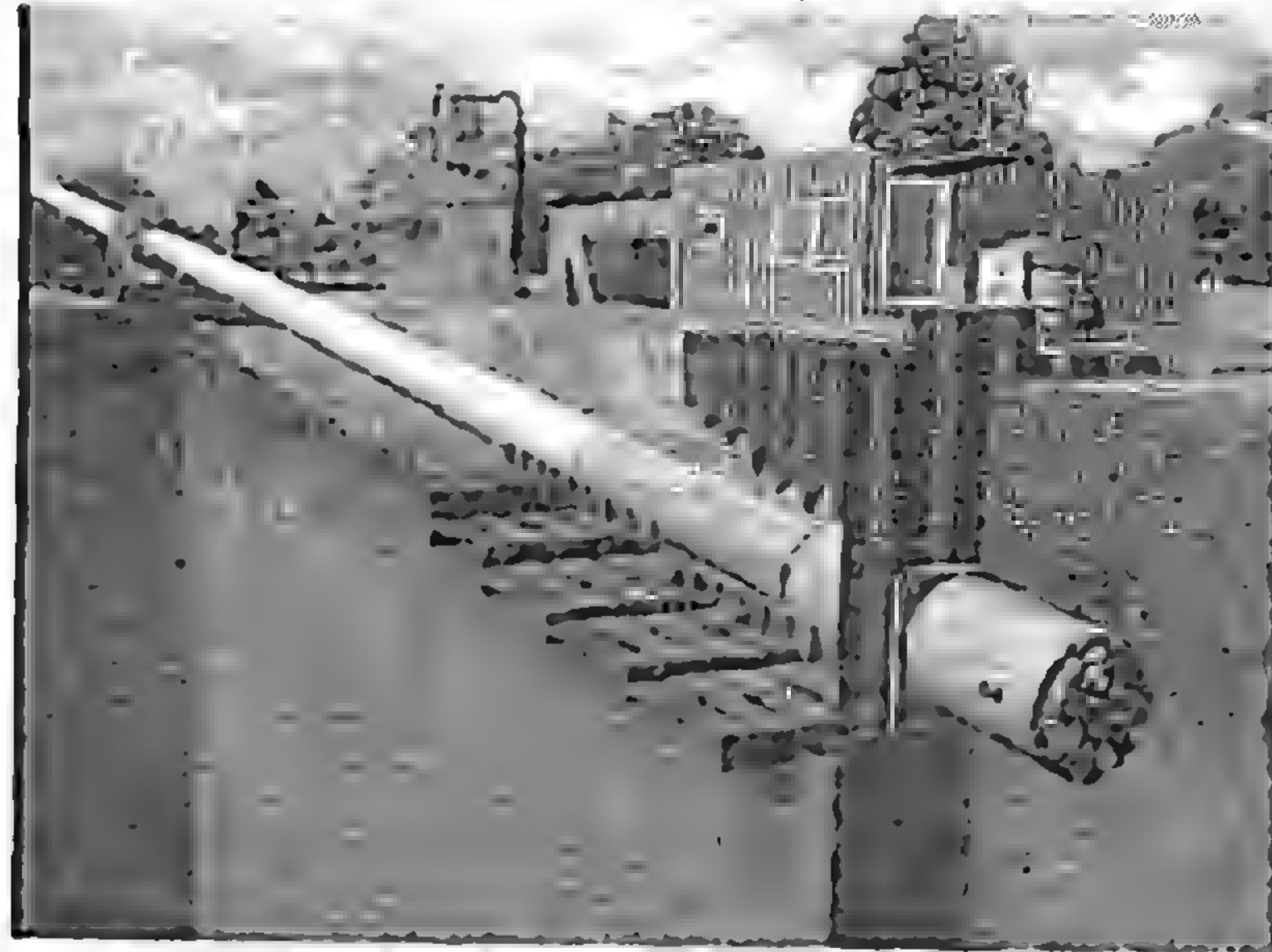
Direct Pipe



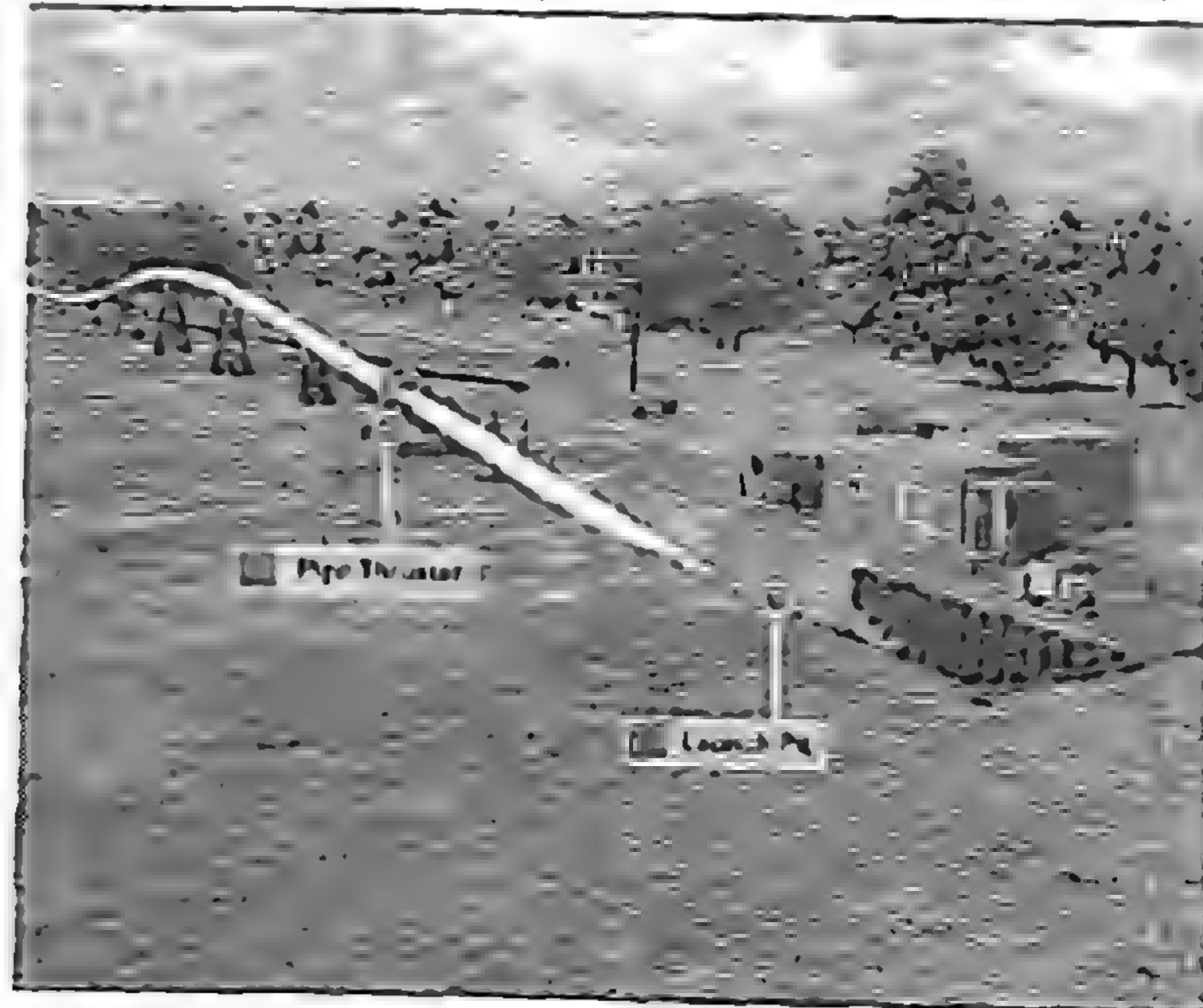
ماسورة قطر ١٠٠٠ مم - طول ٥٠٠ متر



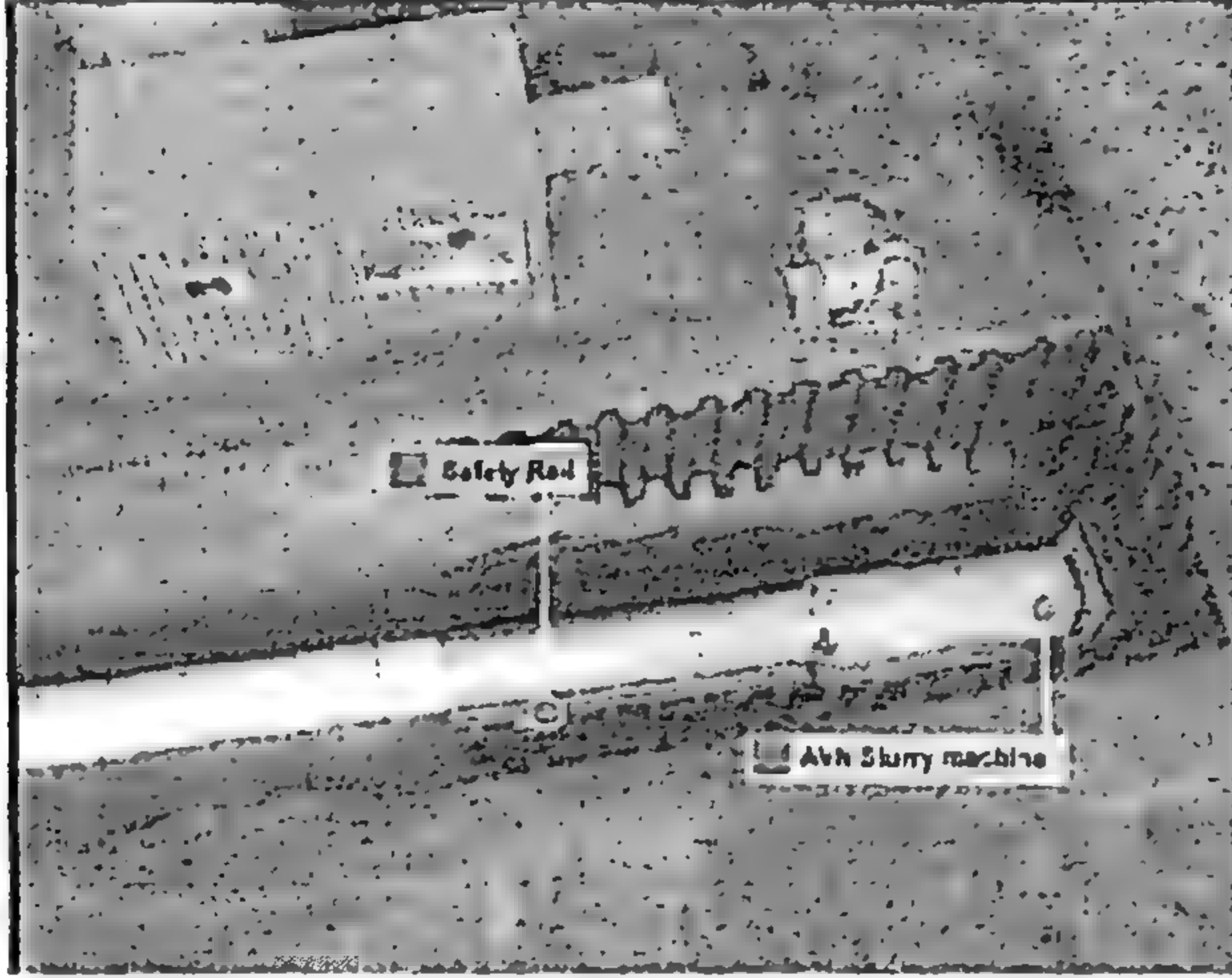
المواسير محملة علي أرتكازات تدور بتحريك الملسورة



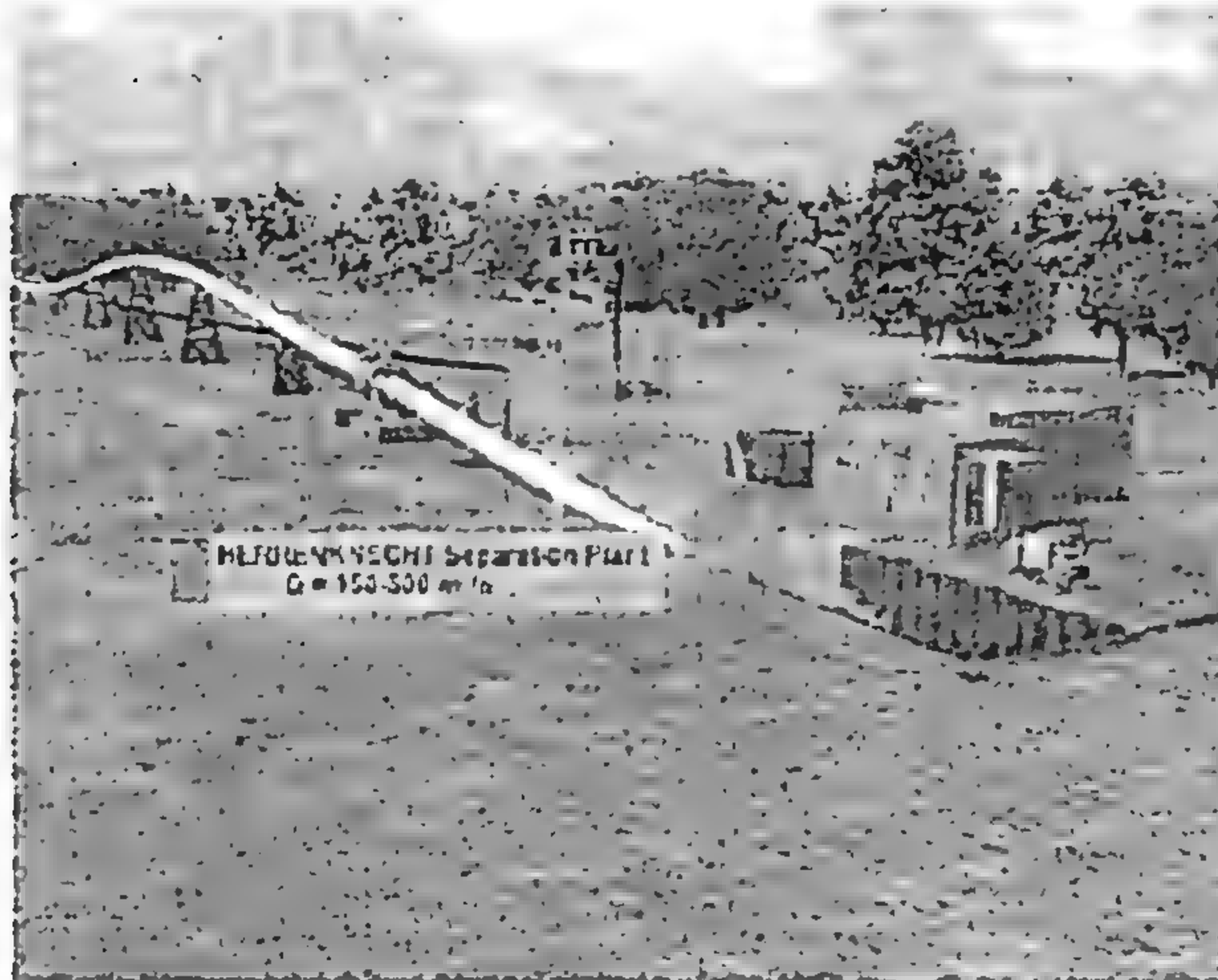
غرفة البداية وبدء حفر النفق بالحفارة . يدفع البنتونايت وتسحب الروبة بالطنمة



دفع المواسير بألة الدفع الهيدروليكية المثبتة جيدا علي سطح الأرض Thruster



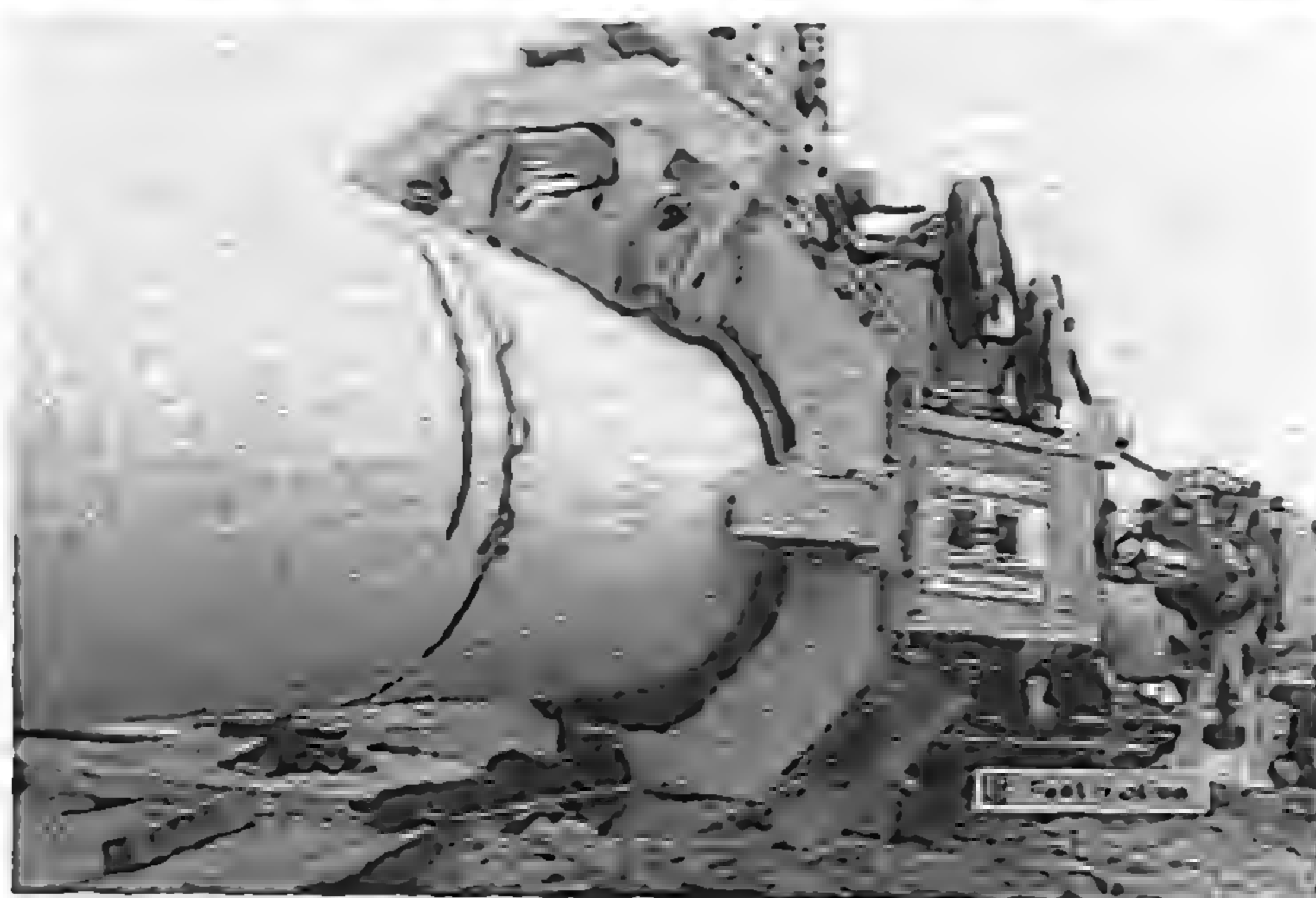
رأس الحفارة ، وقضبان الضبط والتوجيه



محطة فصل الرمال



أختبار جودة عزل المواسير - جهاز كشف هوليدي



Thruster تفاصيل دافع المواسير



Thruster تفاصيل دافع المواسير

HERRENKNECHT Pipe Thruster

Maximum force: 5.000 kN

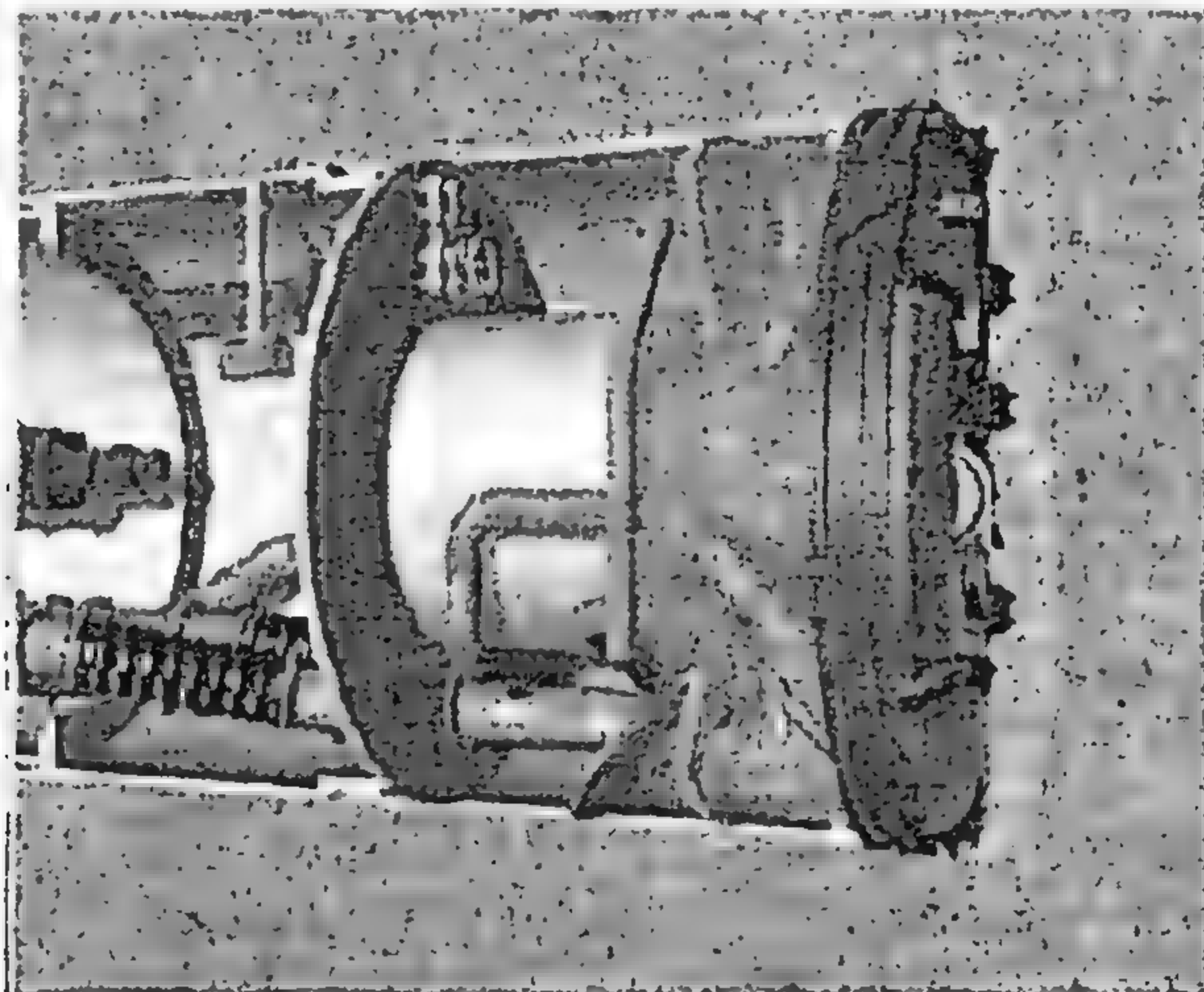
Operating angle: 5° - 15°

Clamp diameter: 20"- 48"

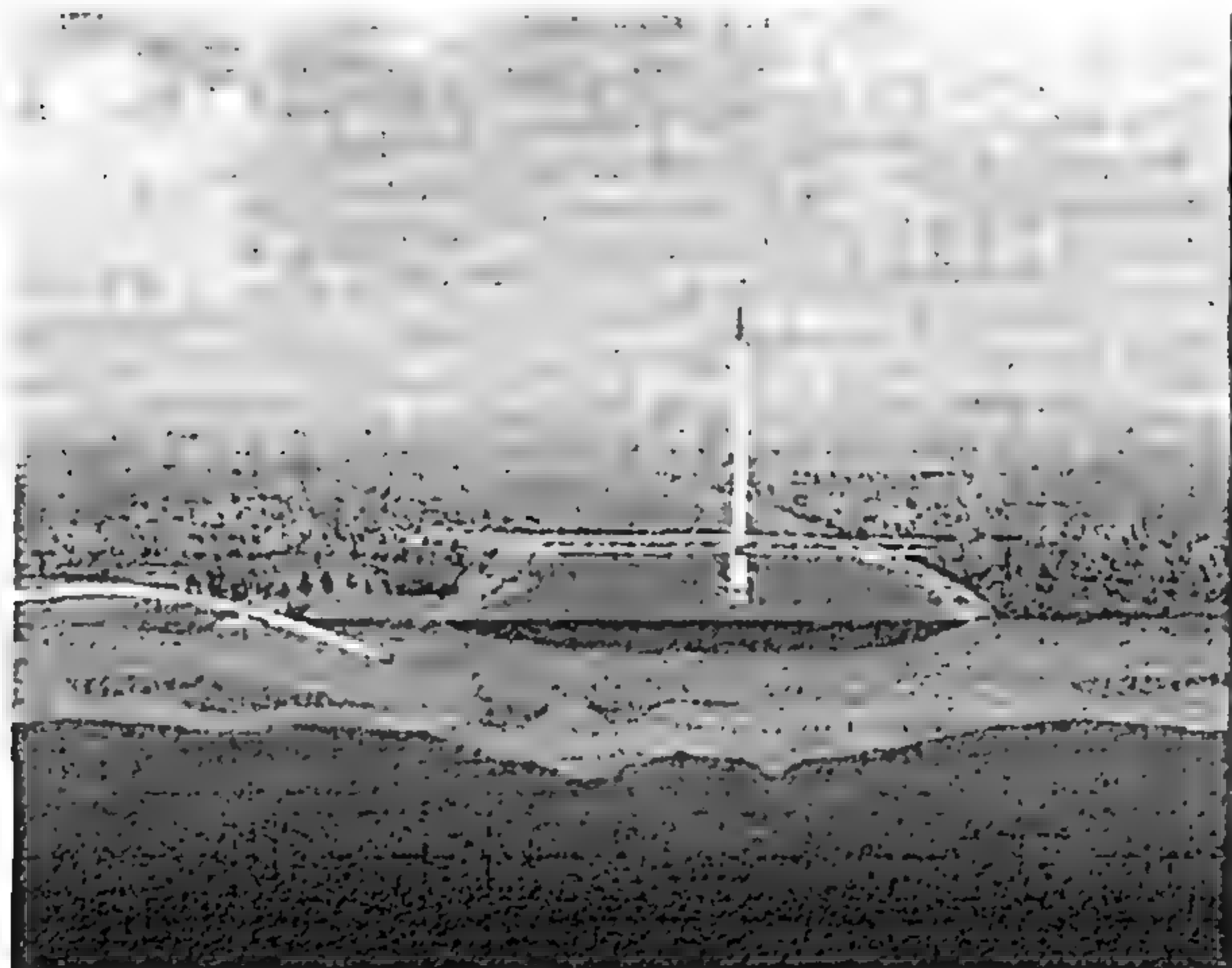
Maximum speed: 5m/min.

Stroke of cylinder: 5,000mm

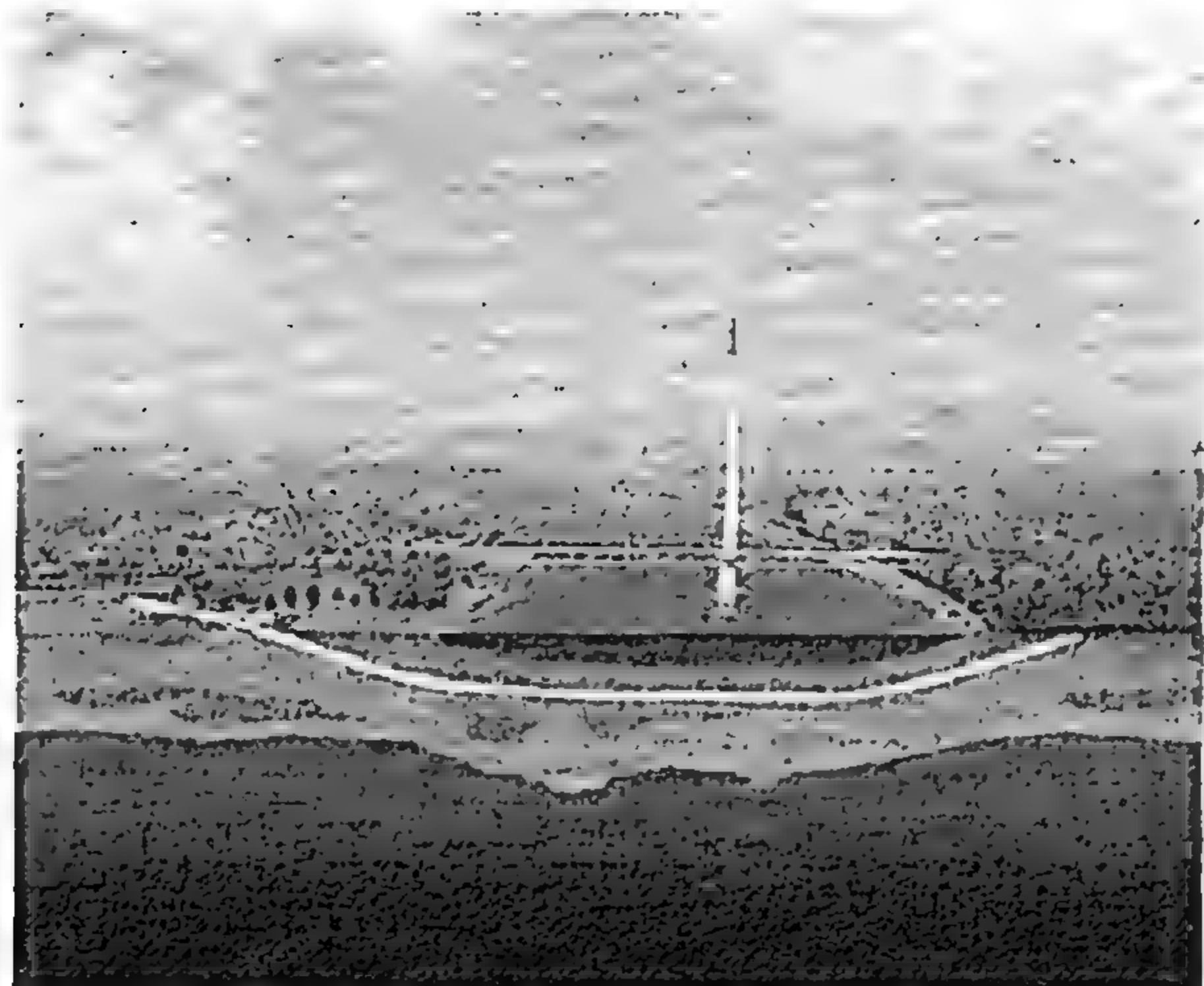
Dimensions: 9 x 4.1 x 4.4m



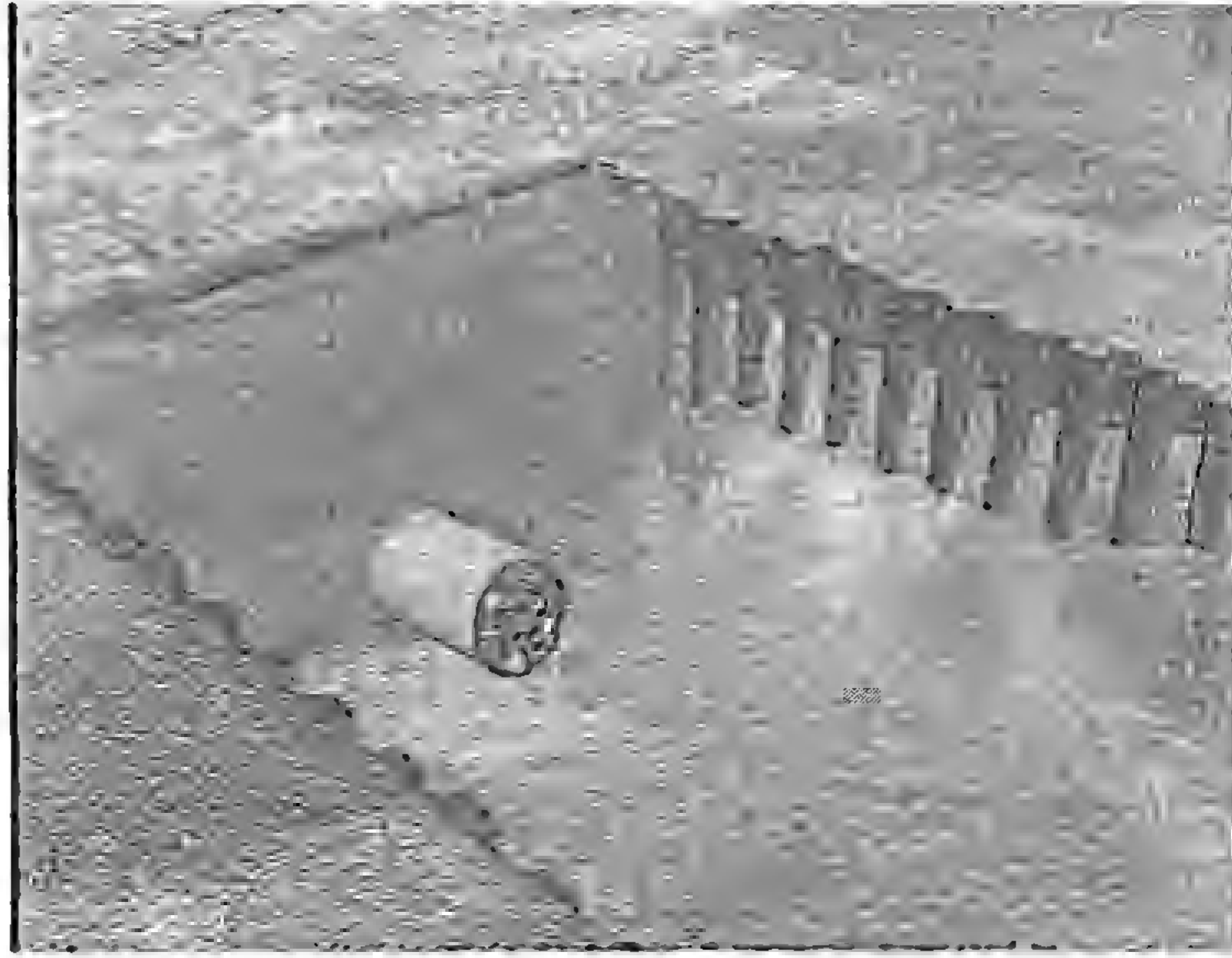
رأس الحفارة



شكل يوضح النفق أثناء الدفع



شكل يوضح النفق أثناء الدفع



خروج المواسير من غرفة النهاية



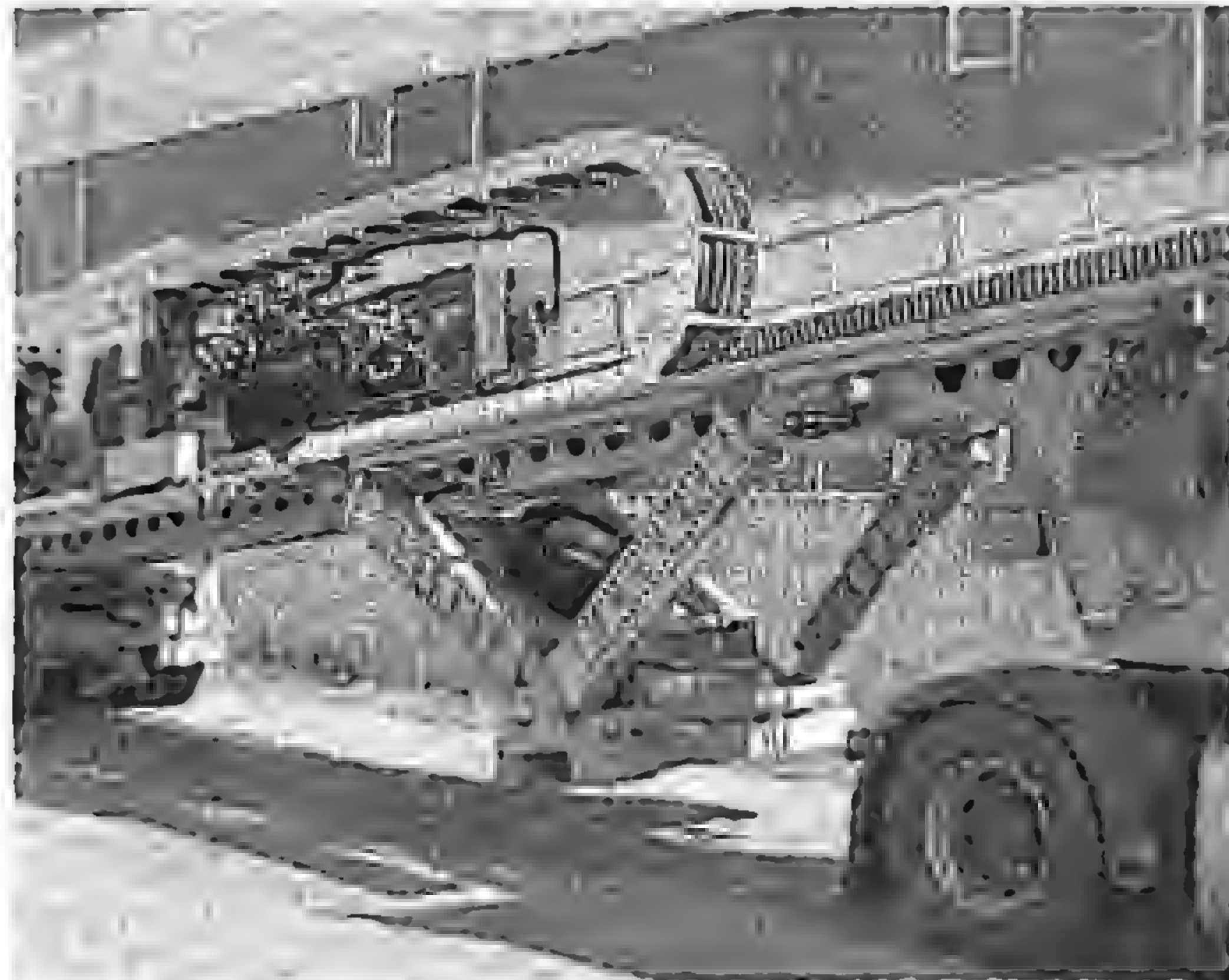
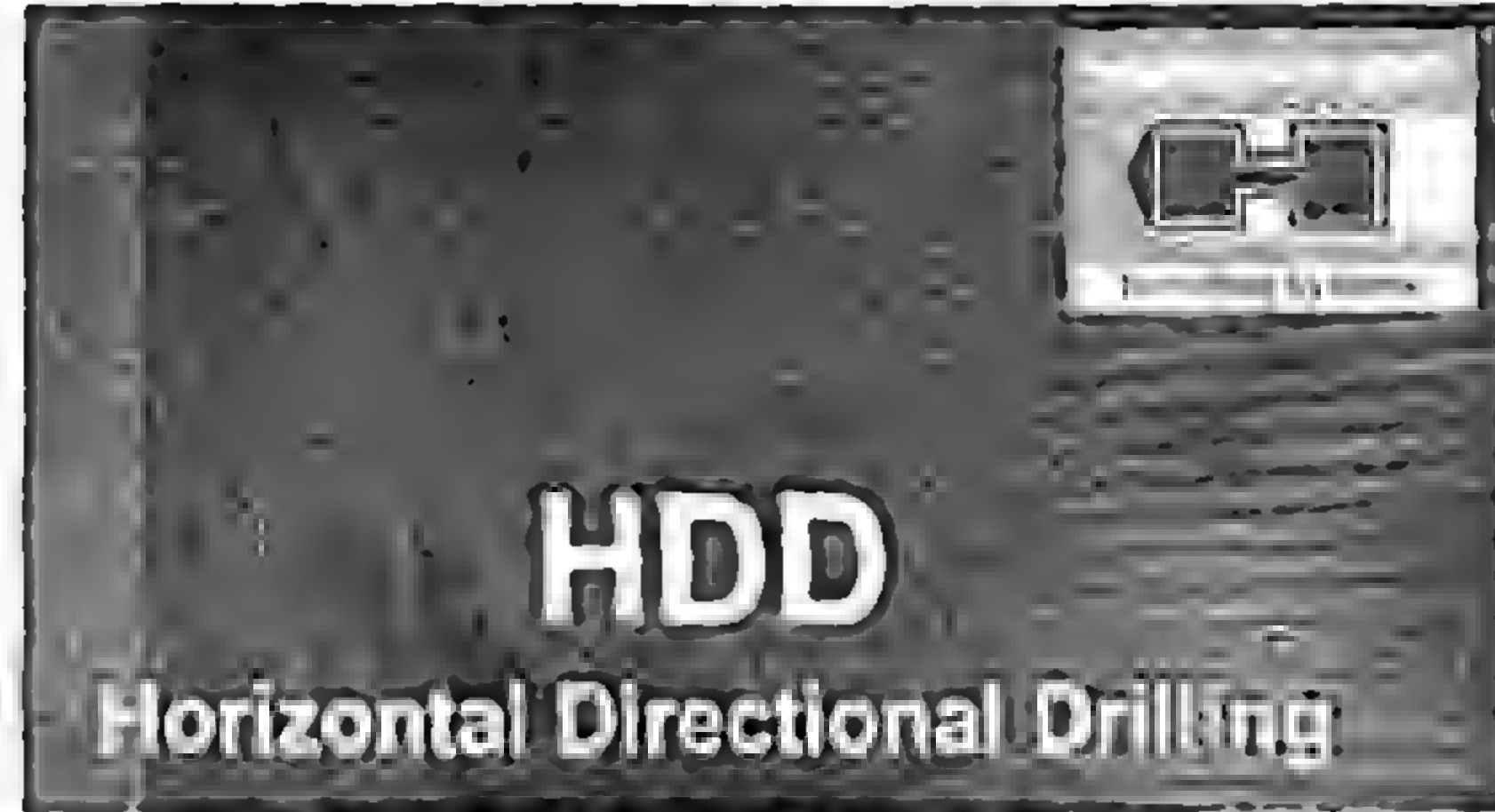
رفع الحفارة من الحفر بعد انتهاء العمل

HERRENKNECHT Pipe Thruster Advantages

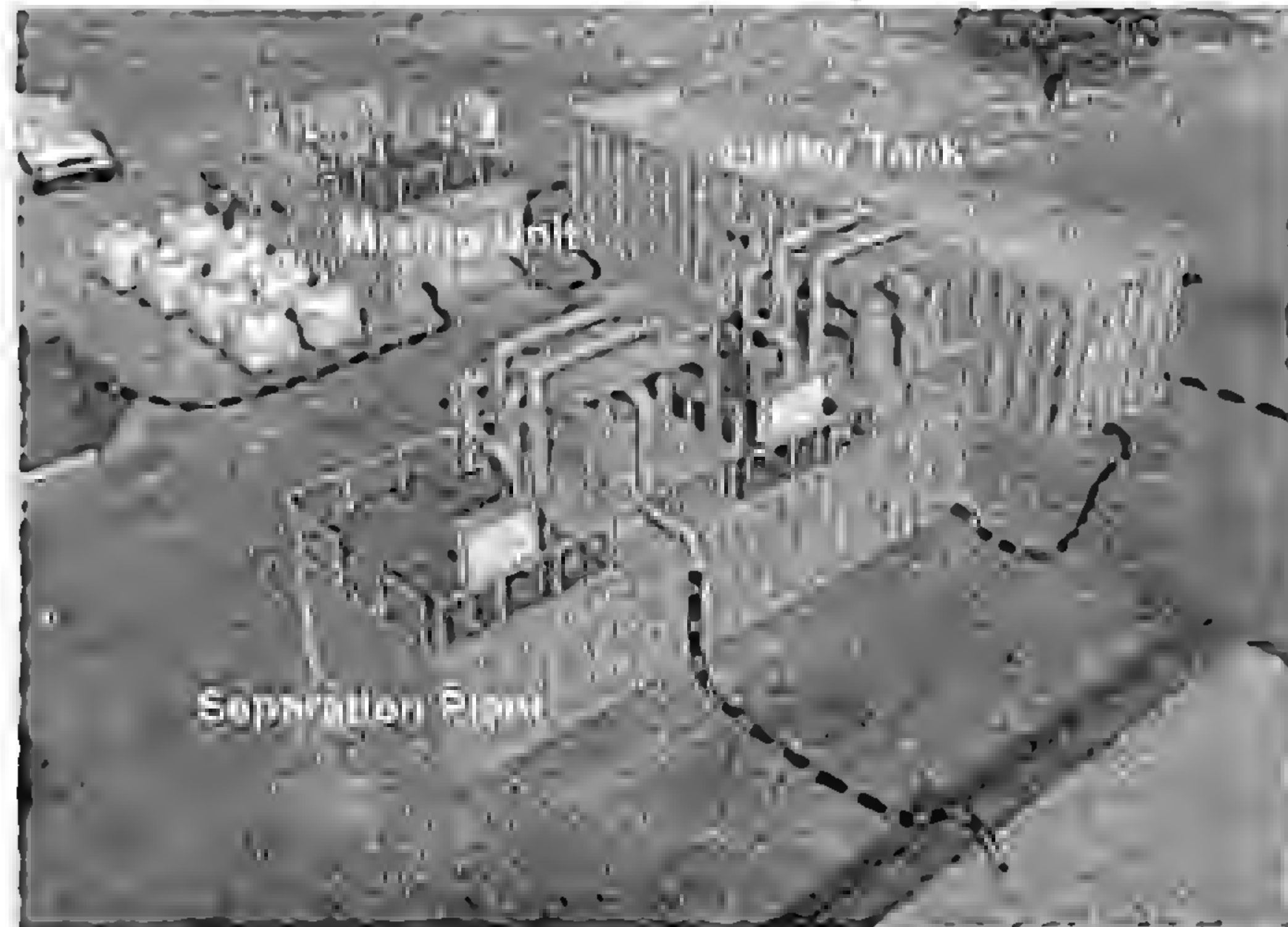
- Single-level fast installation method for product pipelines
- Optimum solution for sea outfalls with access only from one side
- No costly and time-consuming shaft construction
- Obstacles are excavated with the help of the cone crusher
- Simple and fast retractability in case of necessary tool change

نظام إنشاء الأنفاق الصغيرة :

٢ - الحفر بطريقة الدفع الأفقي :



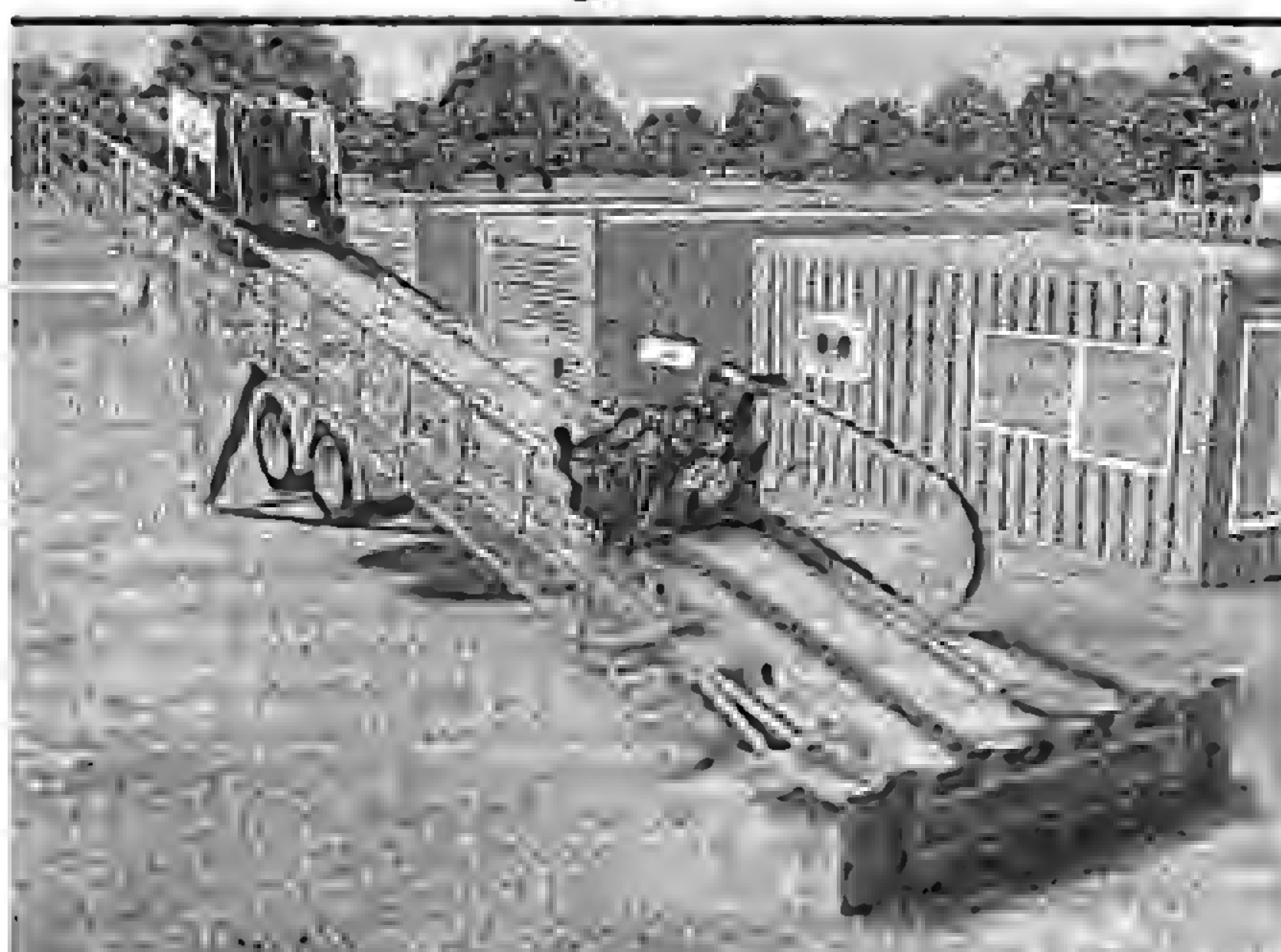
ماكينة الدفع الأفقي للمواسير أثناء نقلها الى موقع العمل



مكونات معدة النفق

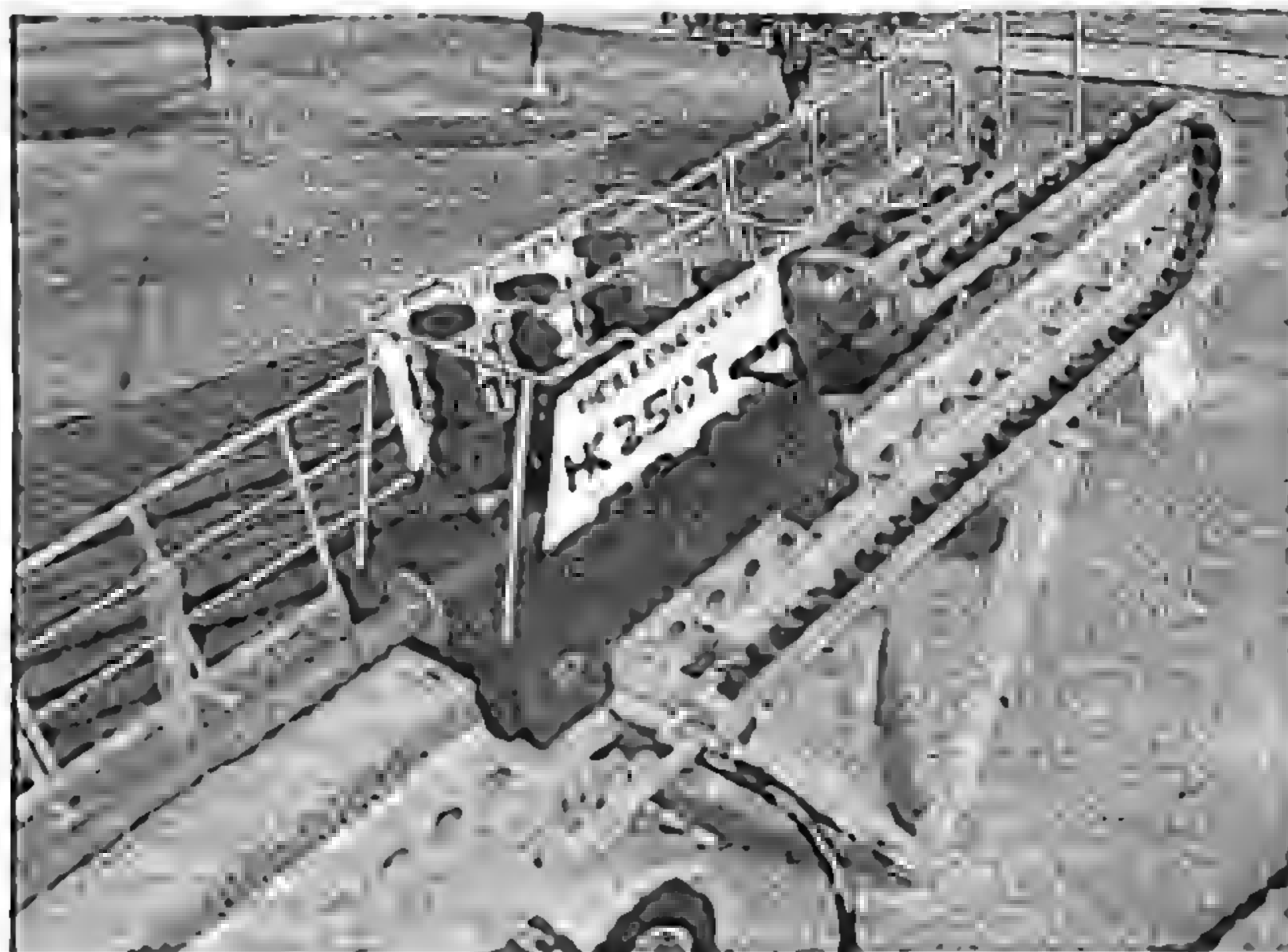


المشروع

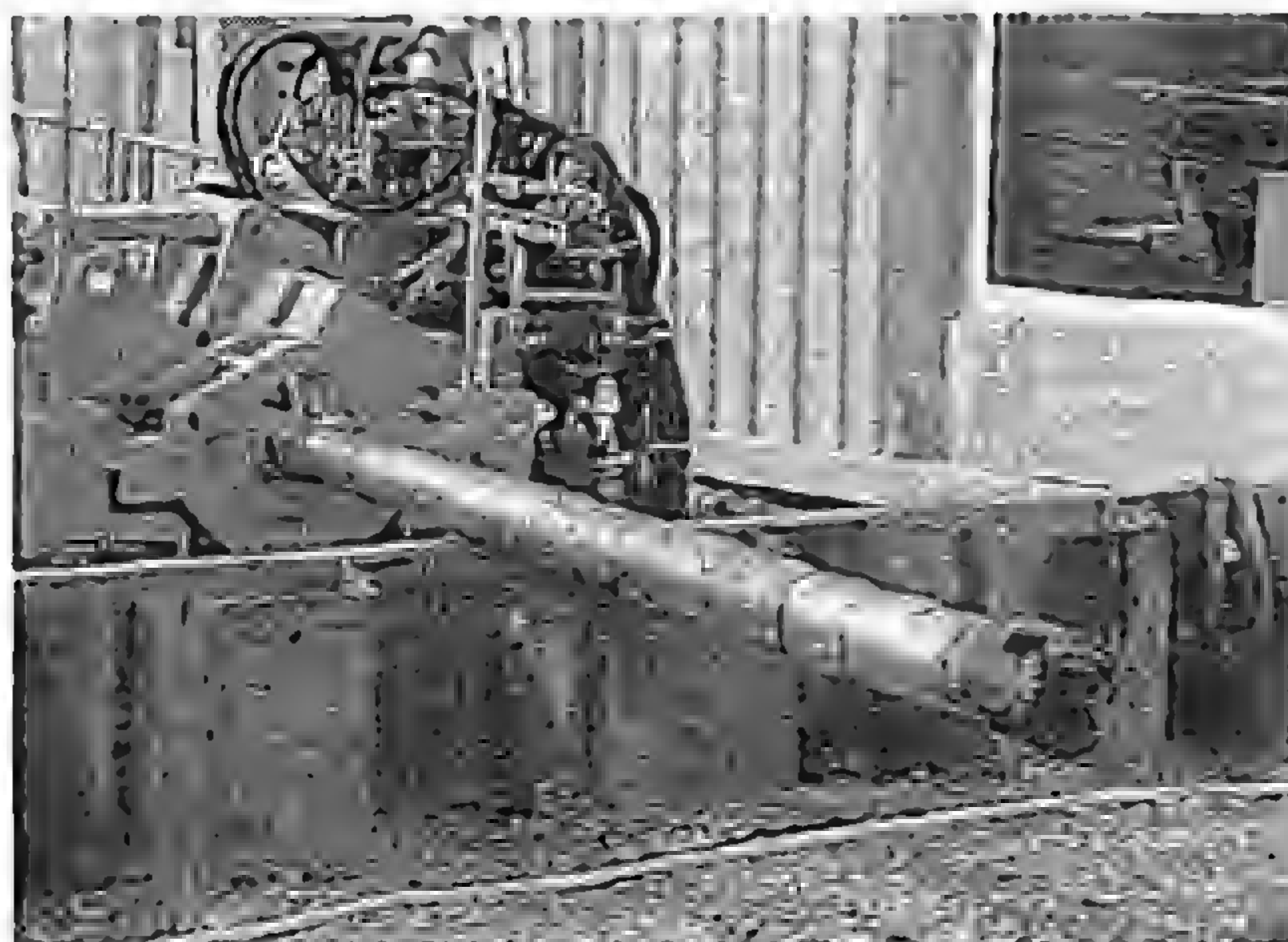


بدء تركيب المعدة على محور النفق - المعدة ترتكز على صف سنائر معدبة قوية للأرتكاز عليها

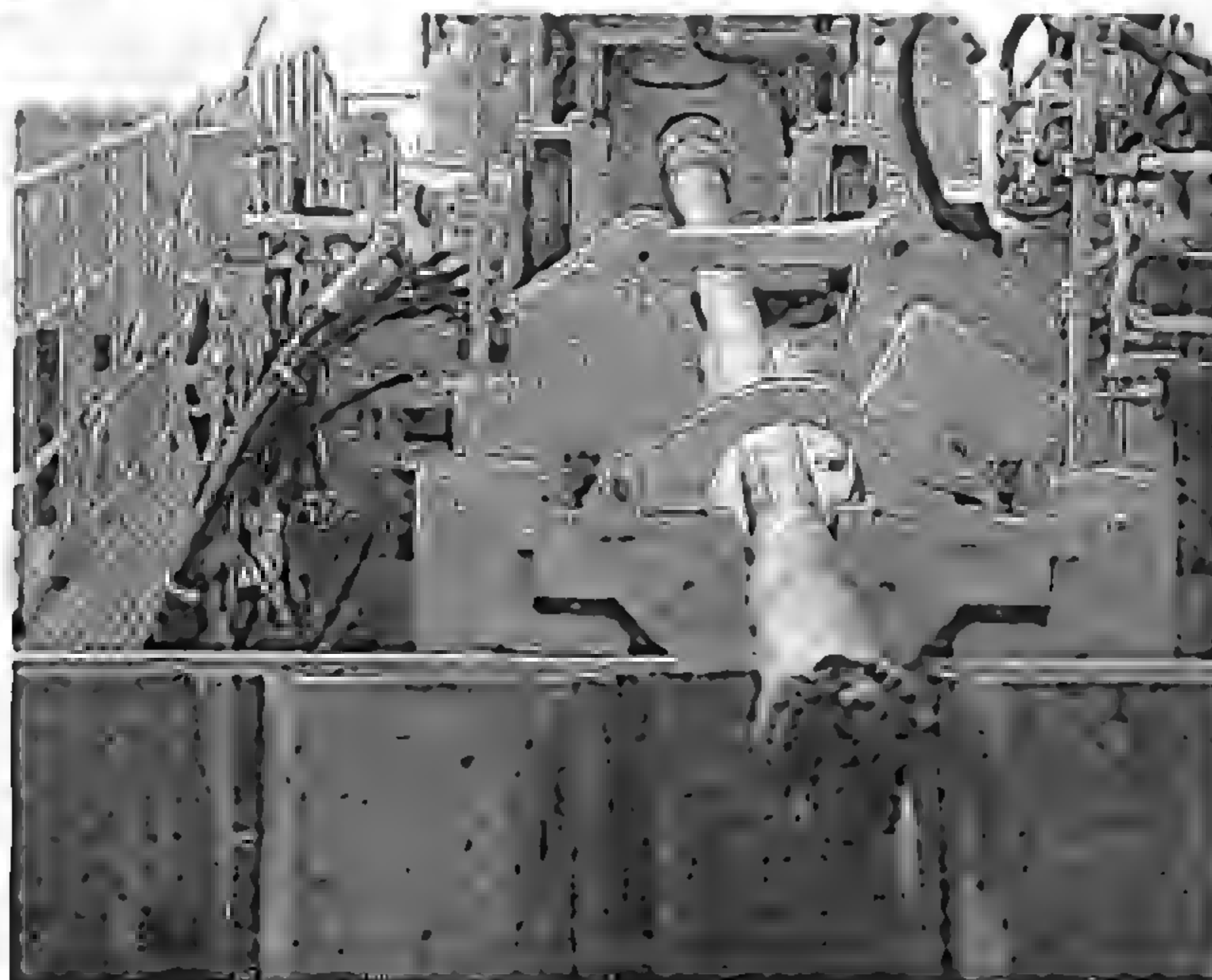




المعدة



مقدمة القضيبي عبارة عن بريمة قوية للحفر . قضبان معدنية مقنونة من الجهتين تتصل مع بعضها



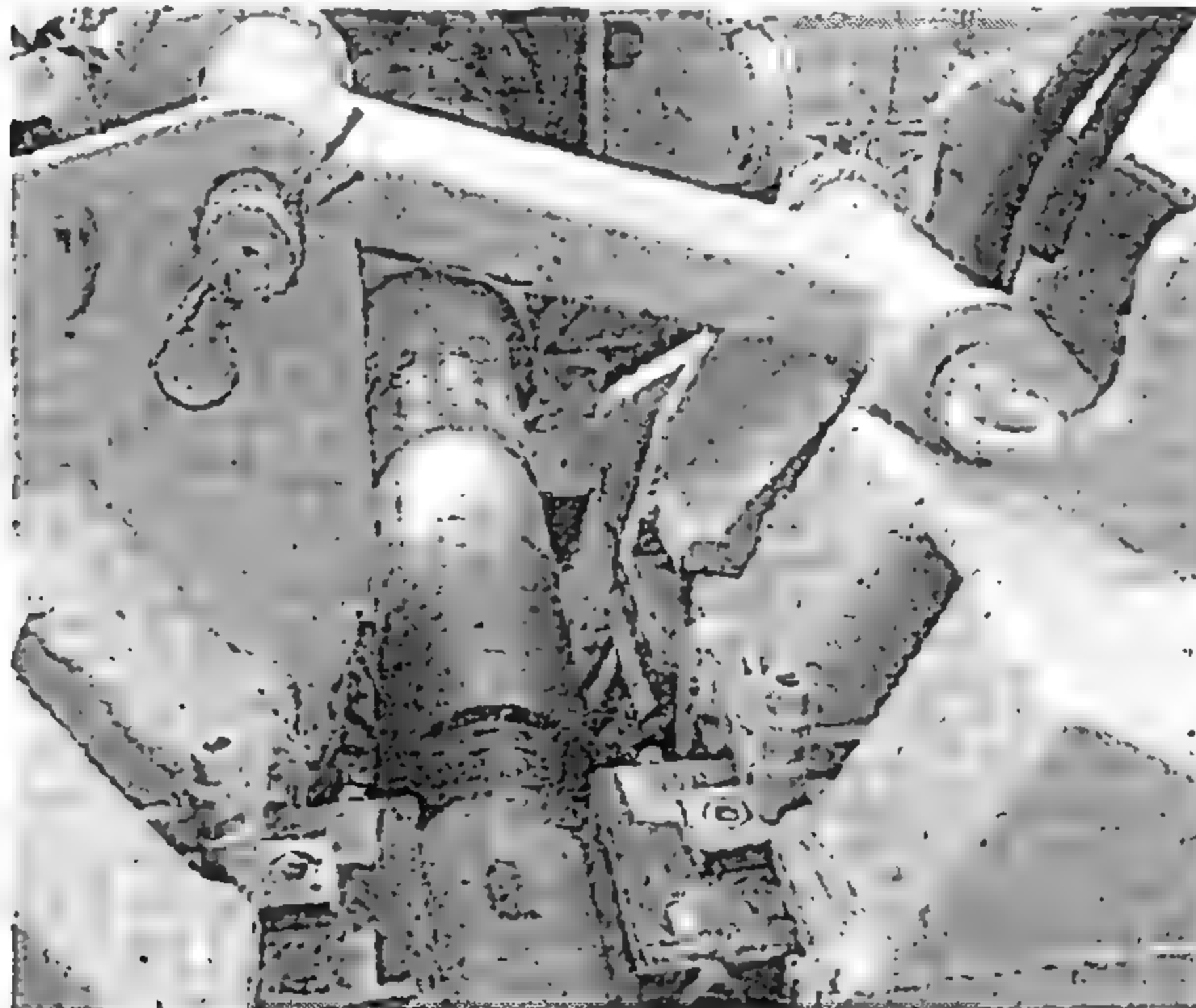
مقدمة القضيبي عبارة عن بريمة قوية للحفر يعقبها قضبان مستديره



قضبان معدنية مقلوطة من الجهتين تترايط مع بعضها لتكون قضيبا طويلا



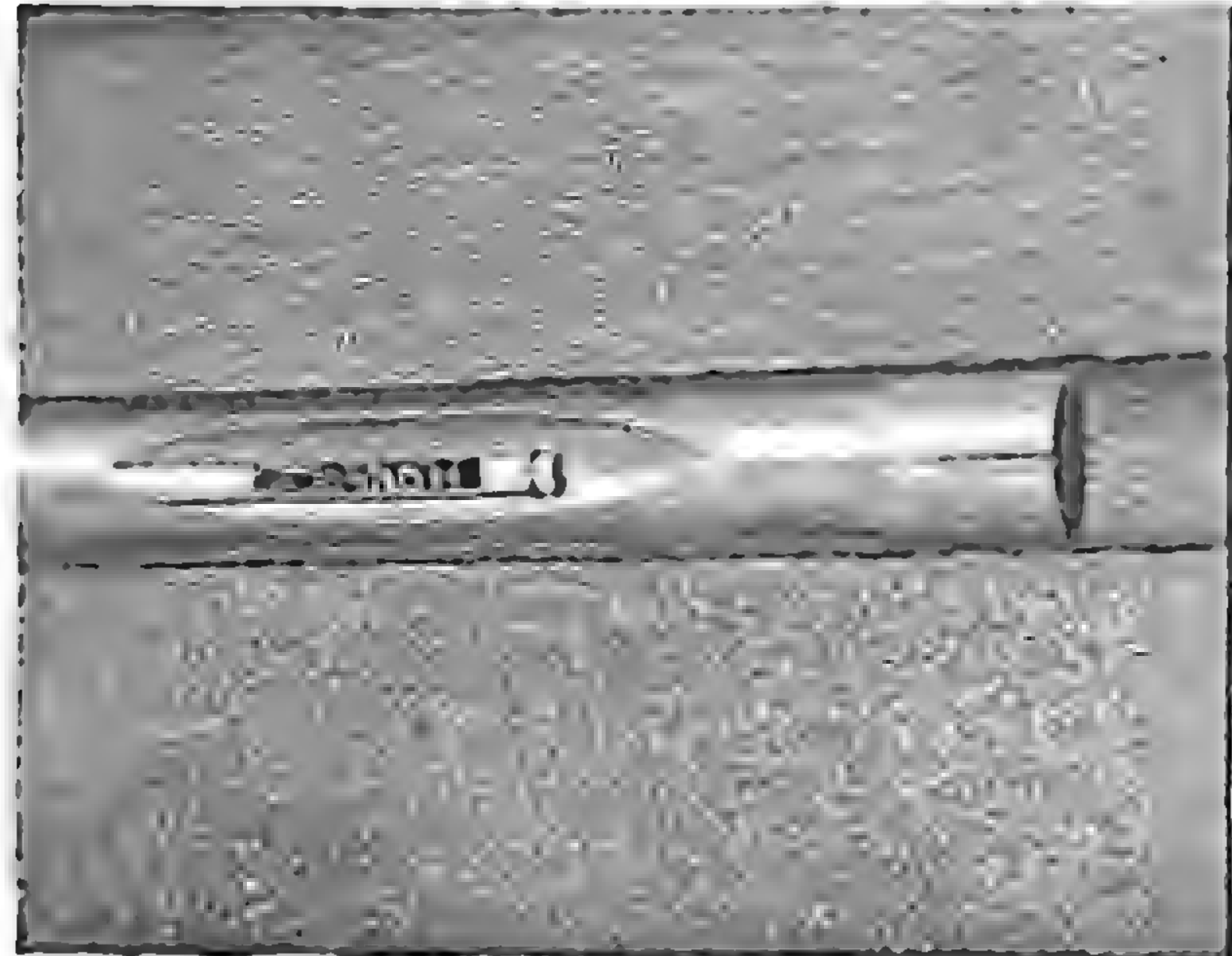
القضبان مشونة بجوار معدة الدفع - مقلوطة من الجهتين



رباط القضبان مع بعضها بالقلاووظ



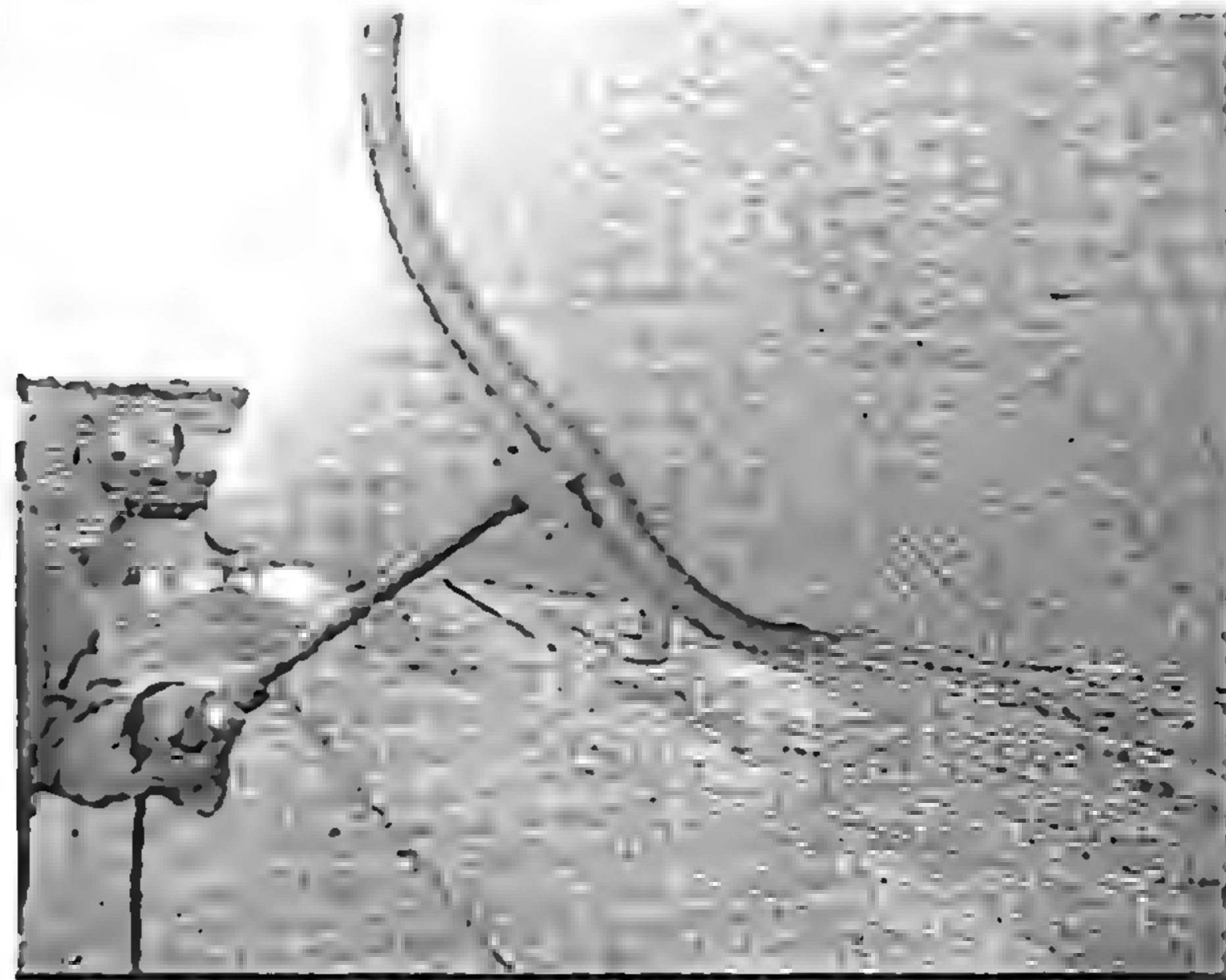
مقدمة الحفارة



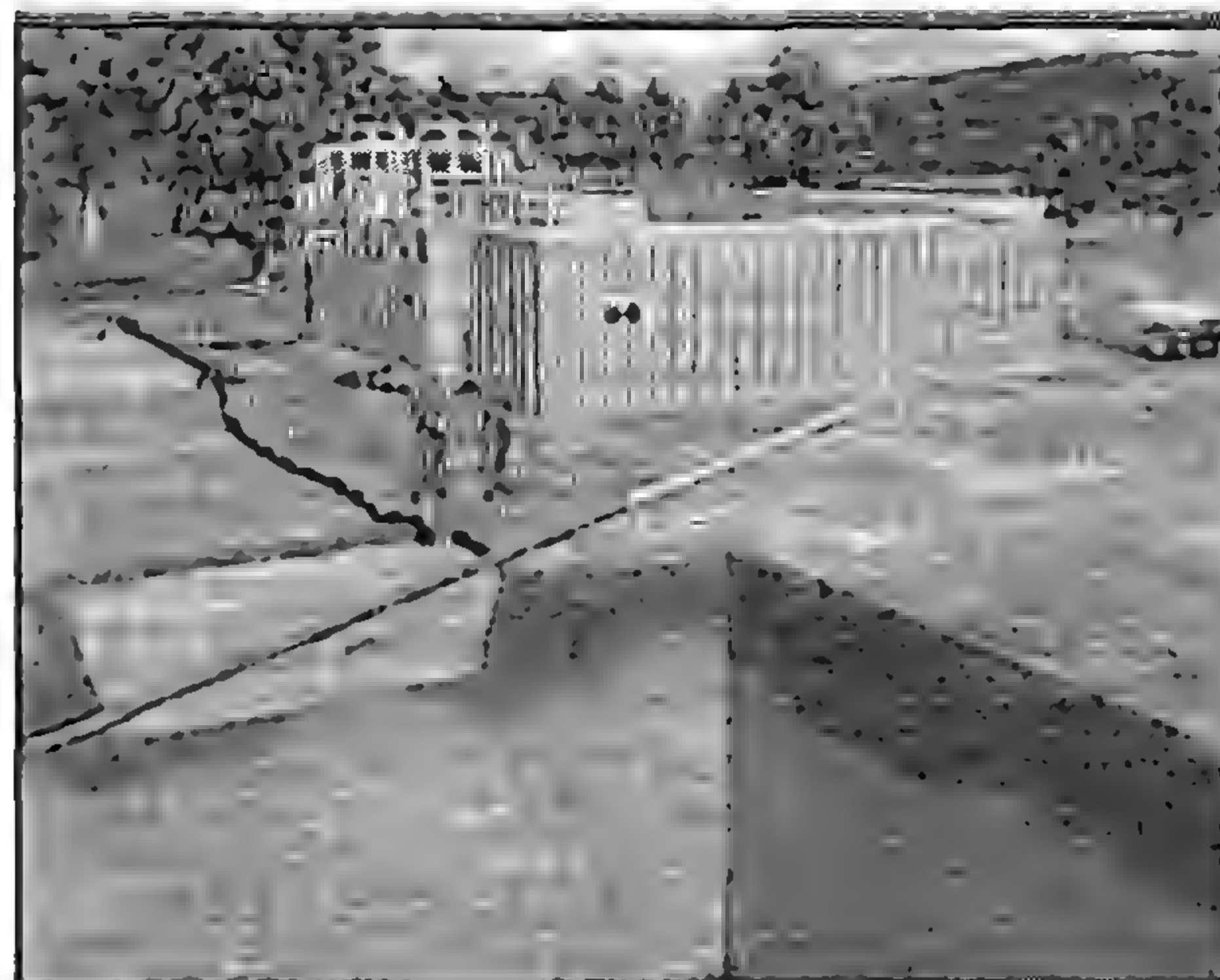
القضيب من الداخل - يدفع الماء بقوة كبيرة لترويب و أختراق الأرض لتسهيل أختراق الماسورة



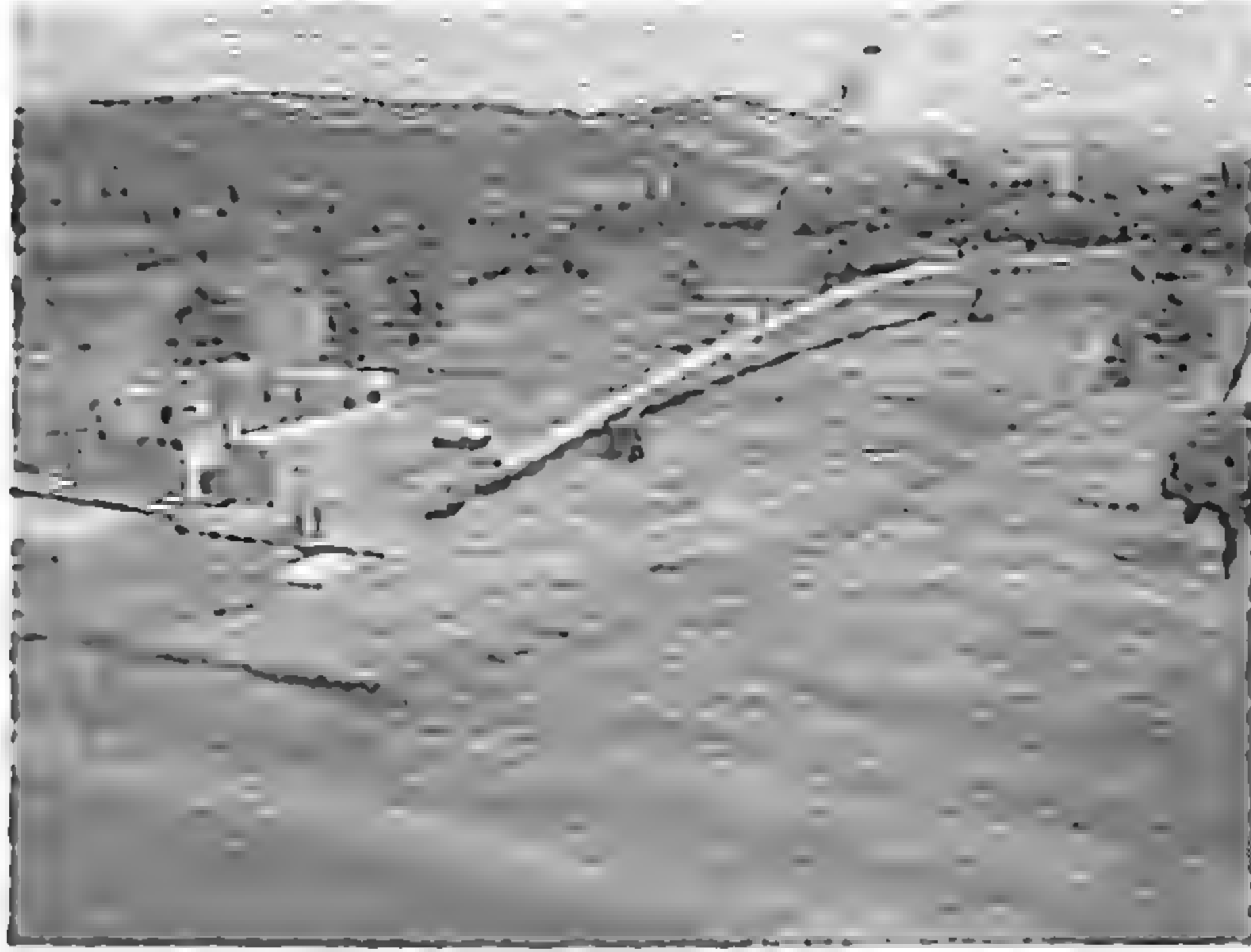
تحميل المواسير (الملحومة) على أرتكازات على محور النفق



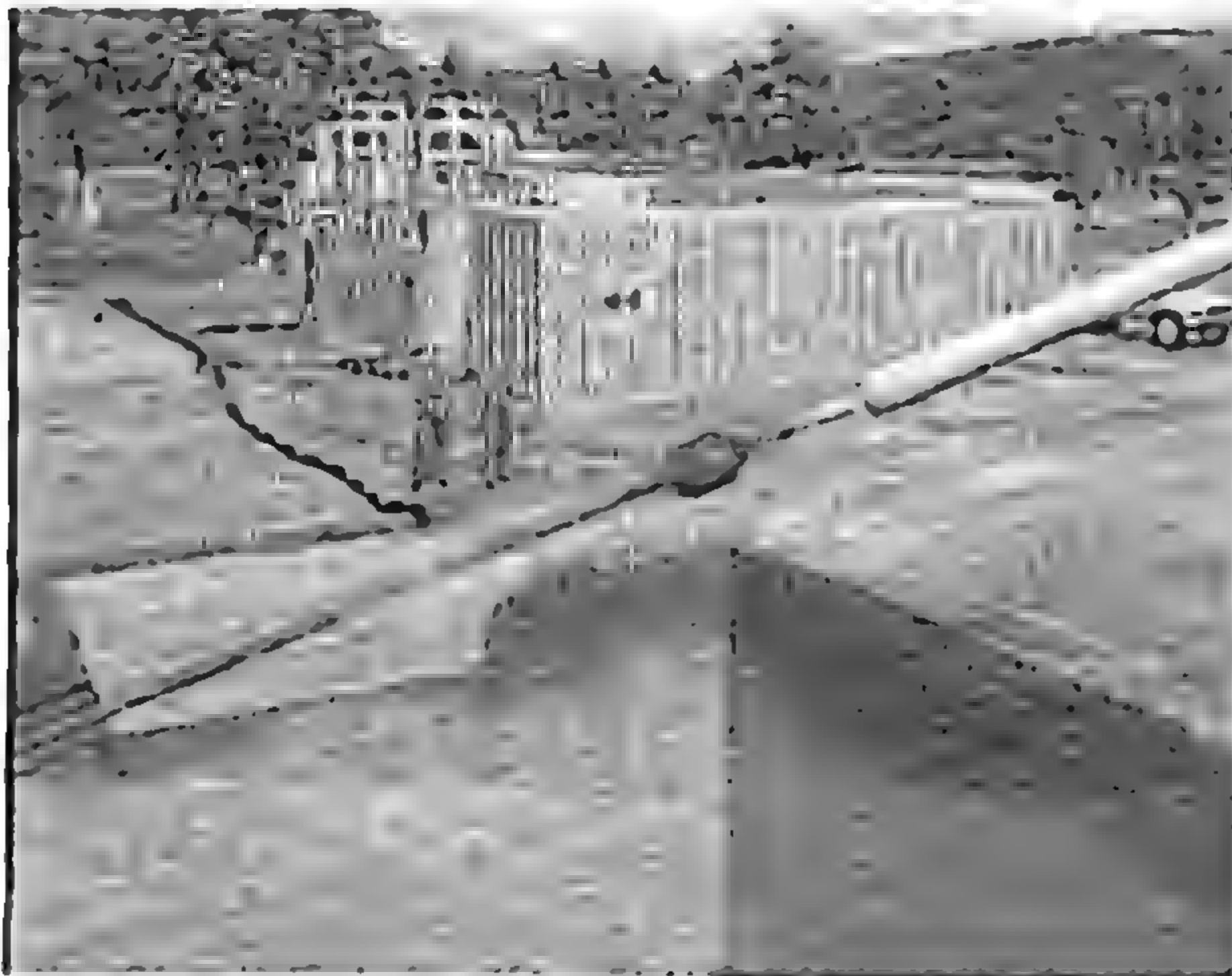
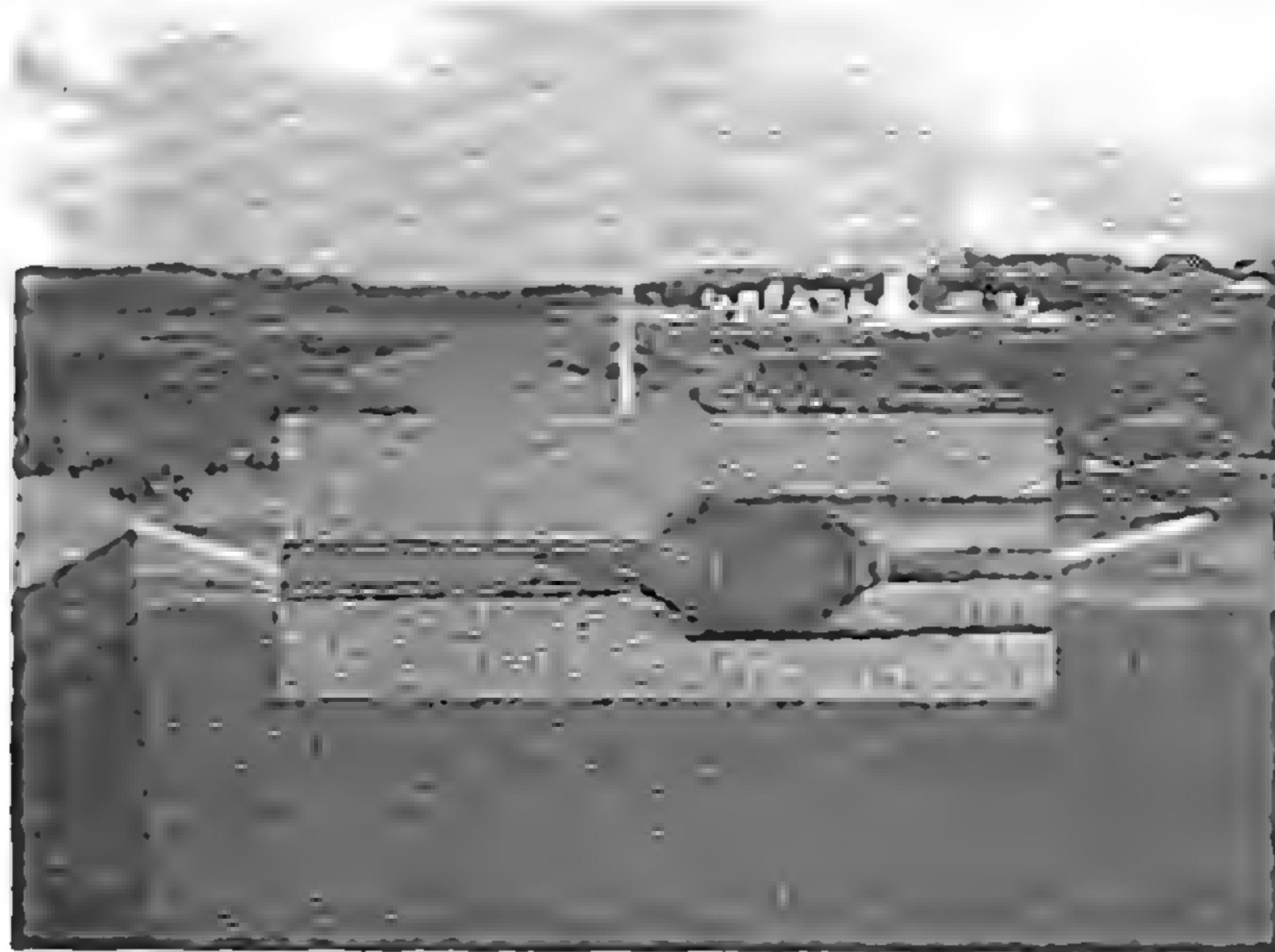
تجربة صلاحية العزل بجهاز كشف هوليداي



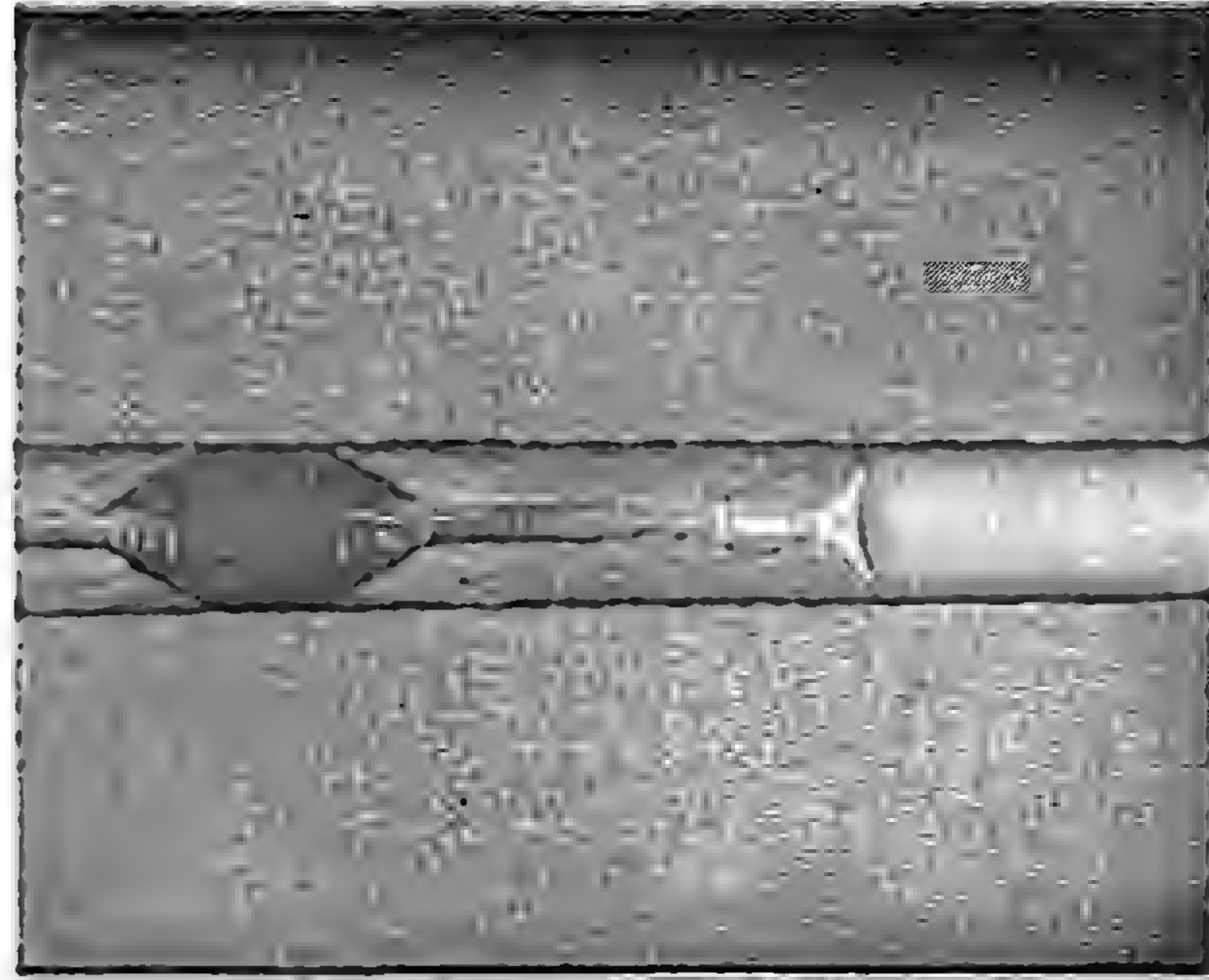
خط الفضبان عند الخروج الى غرفة الاستقبال بعد انتهاء النفق التجريبي Pilot Tunnel



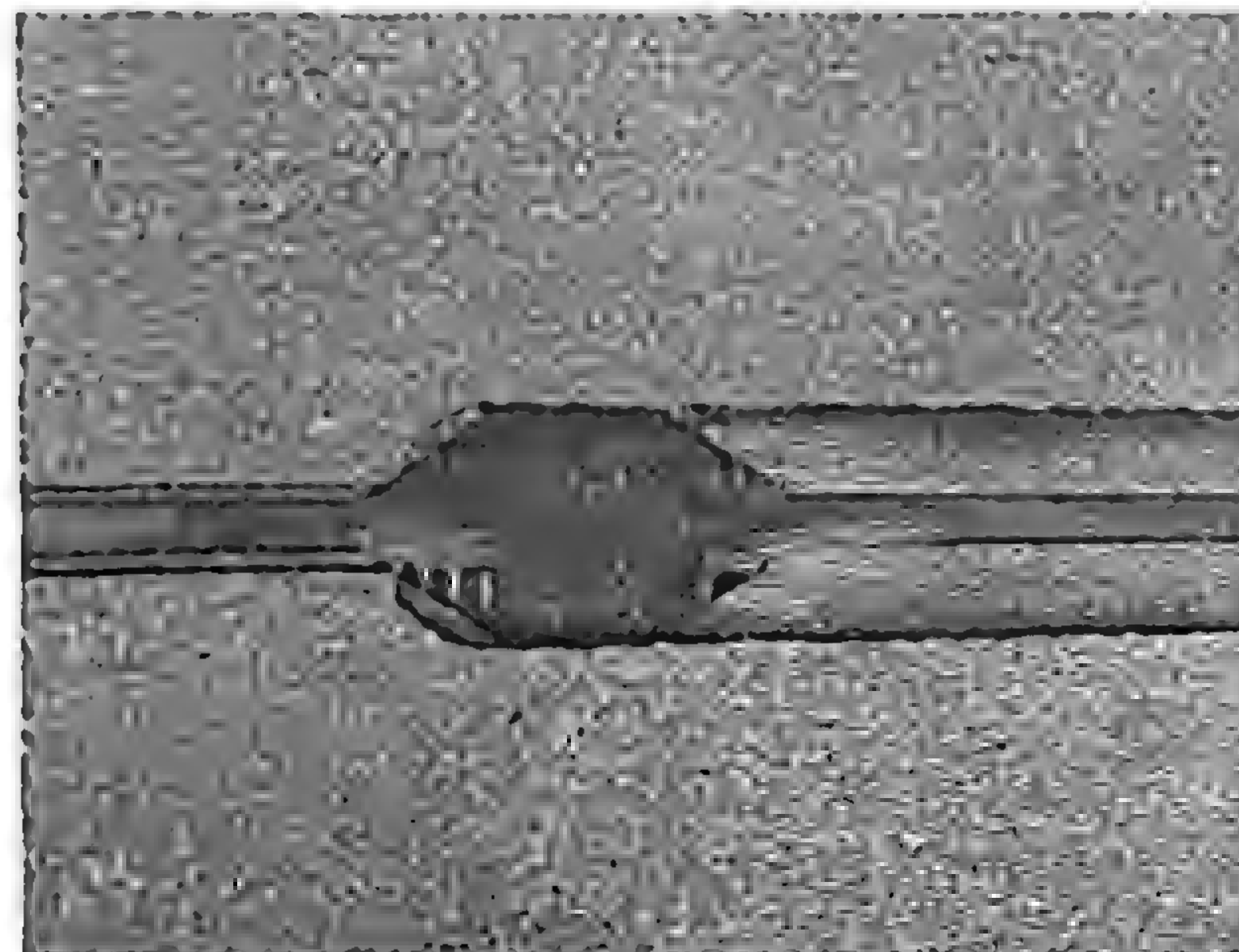
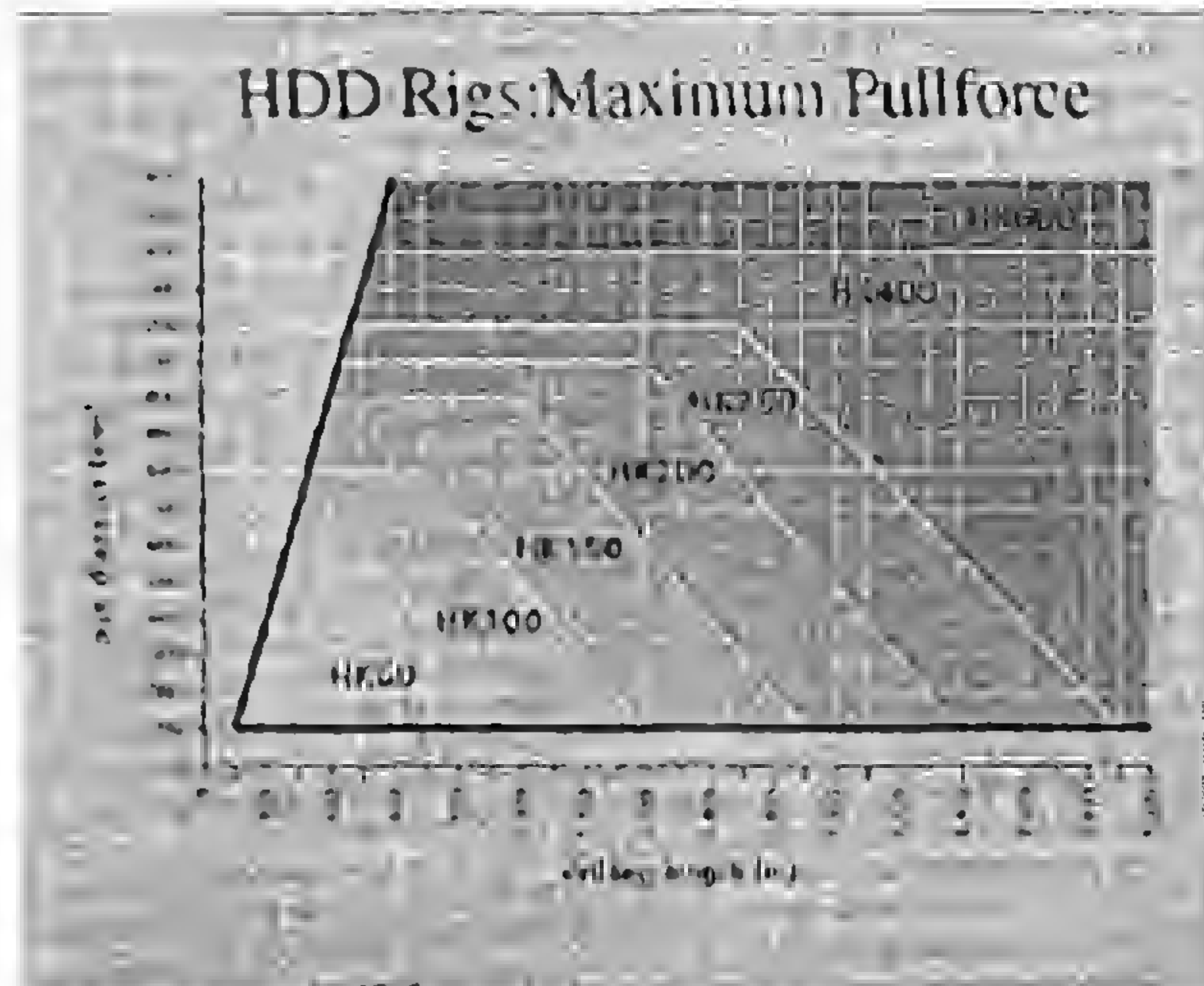
خط المواسير عند بداية العمل عند غرفة البداية مزودا من الأمام بقطعة لتوسيع النفق - يتم محبه
بواسطة القضبان في نفس المسار



قطعة التوسيع ساحبة الماسورة المطلوب تركيبها مع حركة دائرية مع دفع المياه والسحب بواسطة
القضبان السابق تركيبها



قطعة التوسيع ساحبة خلفها الماسورة المطلوب تركيبها مع فنف المياه بقوة و مشدود من الناحية الأخرى بواسطة القضان



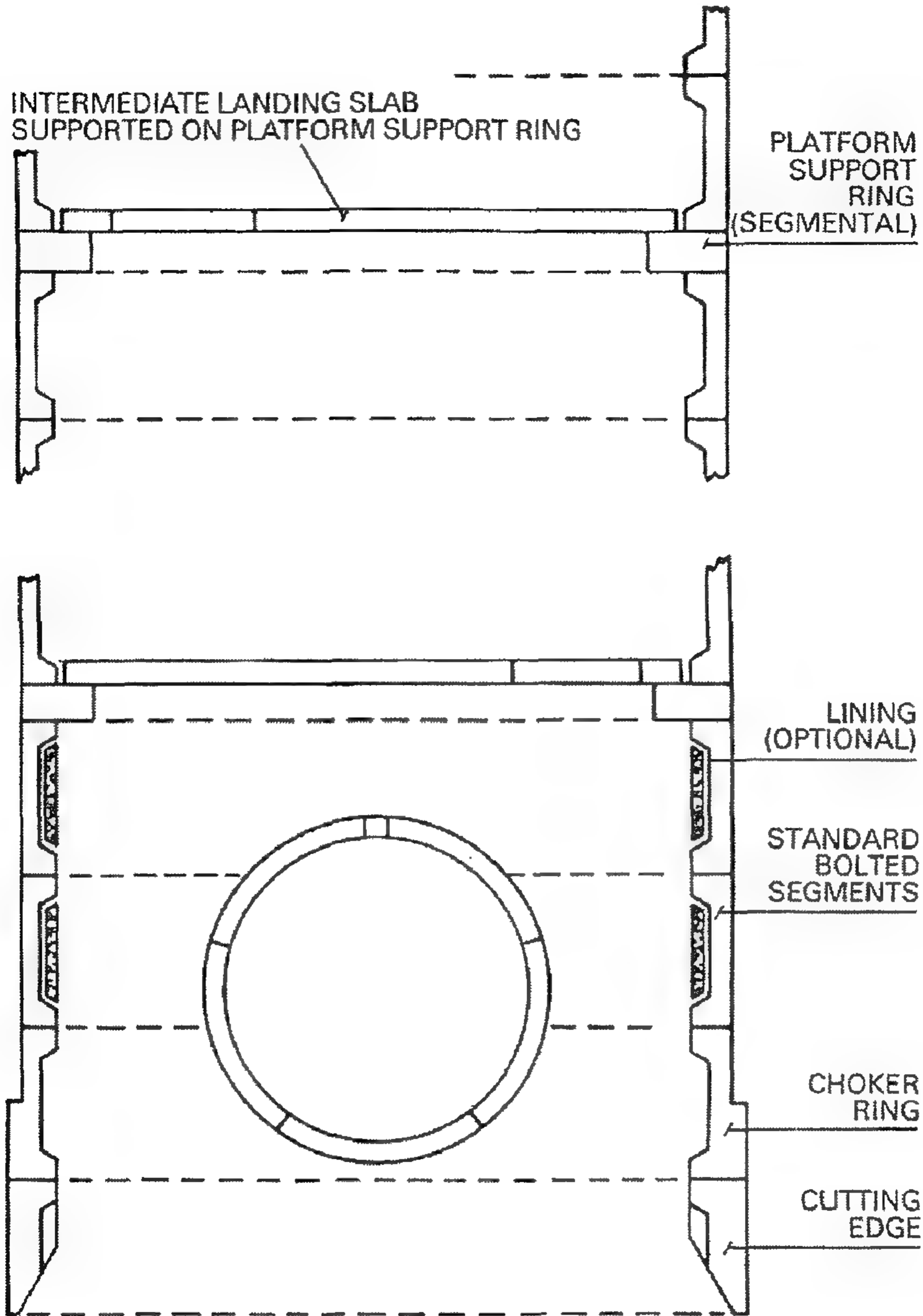
تنفيذ غرفة البداية بنظام الحلقات الخرسانية سابقة الصب :

يعتبر هذا النظام عمليا لحد بعيد حيث :

- ١ - الأقتصاد في الوقت و التكاليف .
- ٢ - السهولة في التنفيذ .
- ٣ - يمكن بهذا النظام الوصول لأعماق كبيرة حسب مناسيب التصميم .

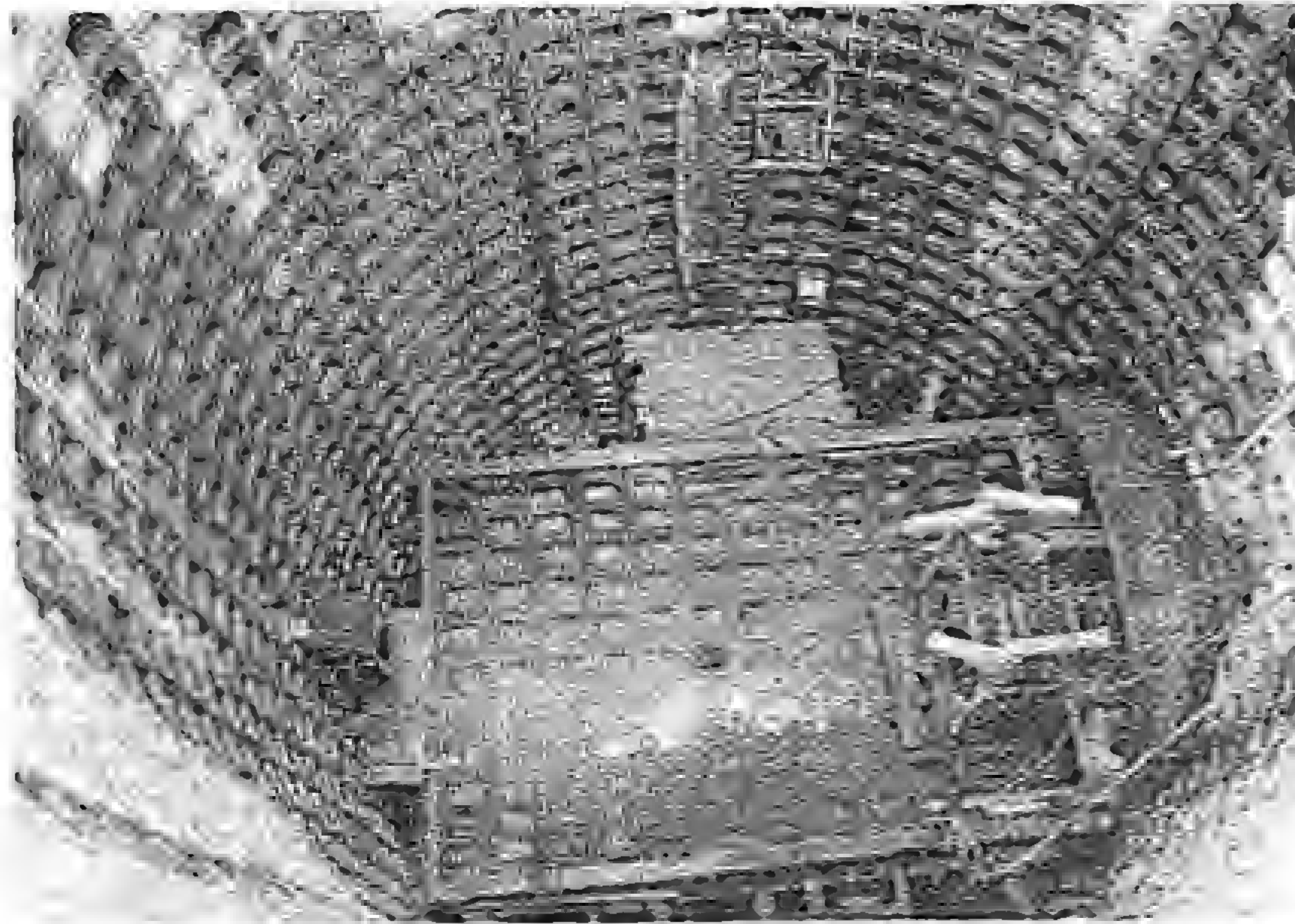
طريقة التنفيذ :

- ١ - الحفر في المكان المحدد لعمق لا يقل عن ١ متر وبالأتساع المطلوب ، علي أن يكون منسوب الحفر أعلي من المياه الجوفية . يتم تنزيل سكينه القطع Cutting Edge (وهي من الخرسانة المسلحة الجاهزة) .
- ٢ - يتم تجميع حلقات خرسانية سابقة الصب ورباطها بالمسامير لتكون أستدارة البيارة فوق سكينه القطع .
- ٣ - يتم بناء حائط ساند يحيط بموقع النفق .
- ٤ - نستخدم حفار كباش للحفر ، عند تعميق الحفر قد تميل البيارة في اتجاه ما ، يتم وضع أثقال في الجهة العالية لضبط أفقية البيارة .
- ٥ - تضاف كميات من المياه داخل البيارة لمعادلة منسوب المياه داخل وخارج البيارة لمنع أي فوارات أو حركة في التربة .
- ٦ - عند الوصول الي المنسوب ، يتم صب خرسانة عادية Plug تحت منسوب الأرضية تحت منسوب الماء . تصب هذه الخرسانة لمقاومة قوي رقع المياه Up Lift بشكل آمن . تكون الأثقال متواجدة فوق سطح البيارة أثناء الصب .
- ٧ - عند وصول الخرسانة العادية المصبوبة الي القوة المطلوبة ، يتم رفع الأثقال من علي حوائط البيارة .
- ٨ - يتم سحب الماء من داخل البيارة وأجراء عملية الحقن للخرسانة العدية لمنع الرشح داخل البيارة .
- ٩ - قد يستلزم الأمر عمل حقن للحلقات الخرسانية سابقة الصب (الحوائط) من الخارج للمساعدة علي أنزلاق البيارة .

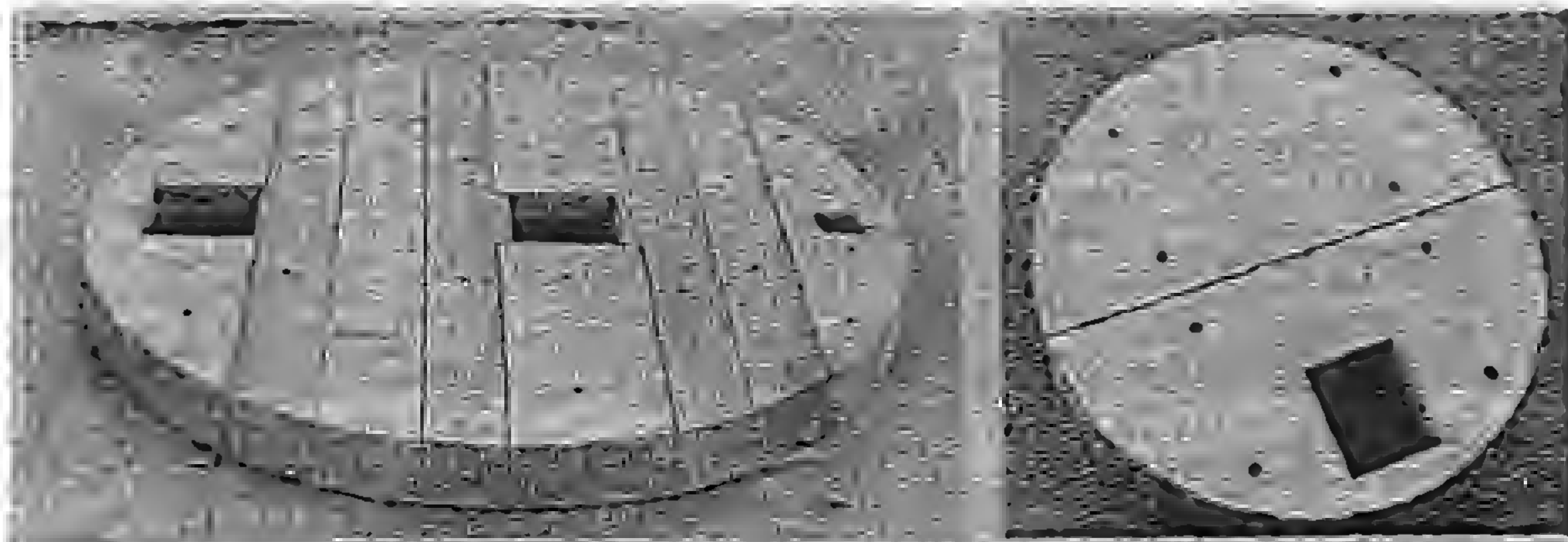


شكل (٥) بيارة الدفع - منفذة من الحلقات الخرسانية سابقة الصب

١٠ - عند تركيب الحلقات الخرسانية في البيارة ، تحدد الحلقات التي سيخترقها ماكينة الحفر والدرغ وتسليحها بالفيرجلاس حتي تتمكن الحفارة من أختراقها . يمكن تصنيع سقف البيارة بأجزاء خرسانية سابقة الصب .



نابع شكل (٥) الببارة منقذة بالقطع الخرسانية الجاهزة



شكل (٥) سقف الببارة - خرسانات سابقة الصب (حسب رغبة المالك)

طريقة أخرى لتنفيذ غرفة البداية (الدفع) باستخدام الميكنة الكاملة :
الطريقة الأولى - شكل (٦) :

HERRENKNECHT

shaft sinking equipment



حفر مكشوف لبئارة قطر ٦ متر و حتي عمق ٢ متر



تكوين البئارة من قطع خرسانية Segments فوق سطح الأرض وترفع بواسطة الونش الي موقعها
داخل الحفر



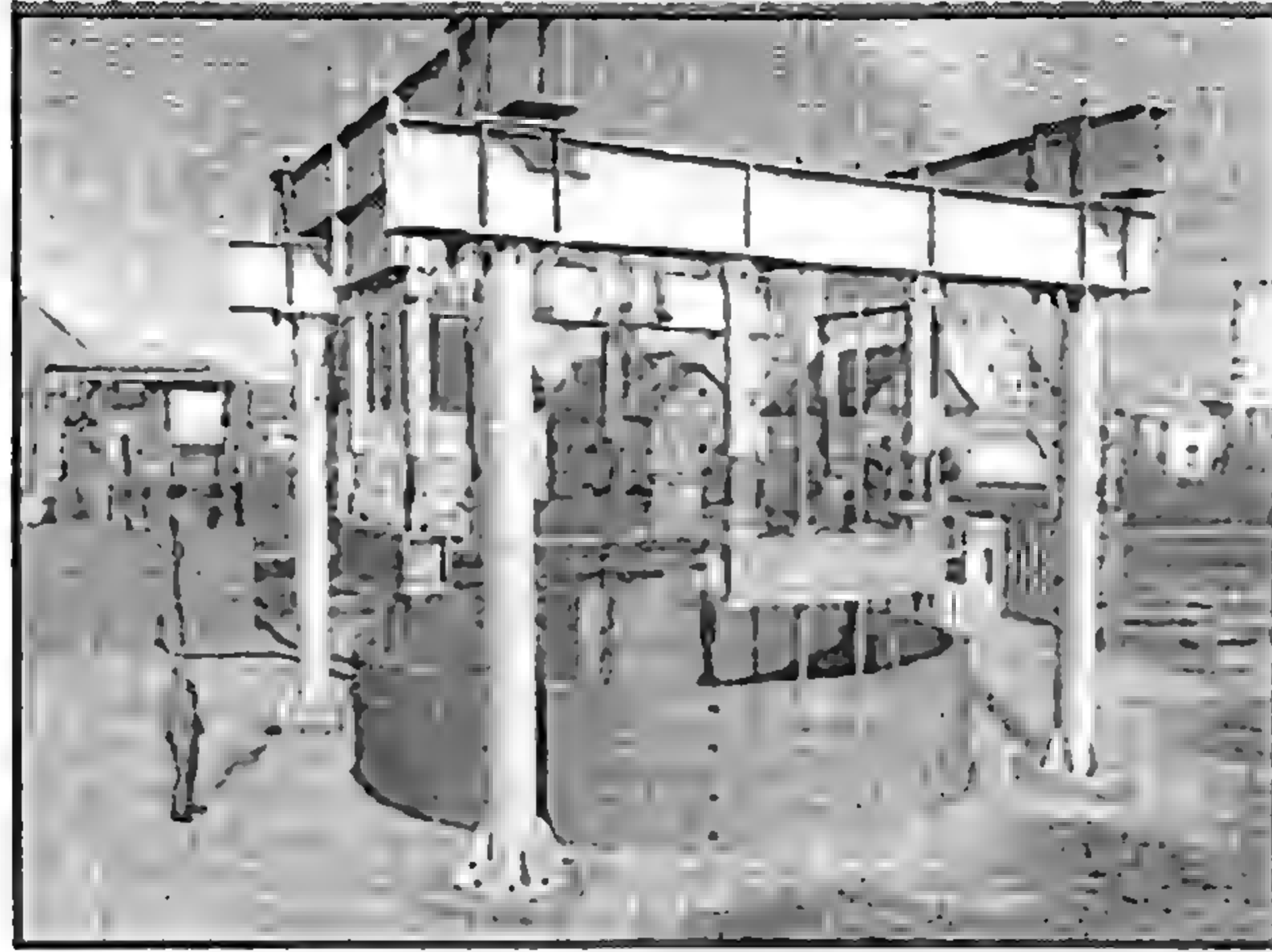
تثبيت الأطارات المعدنية لمعدة الحفر



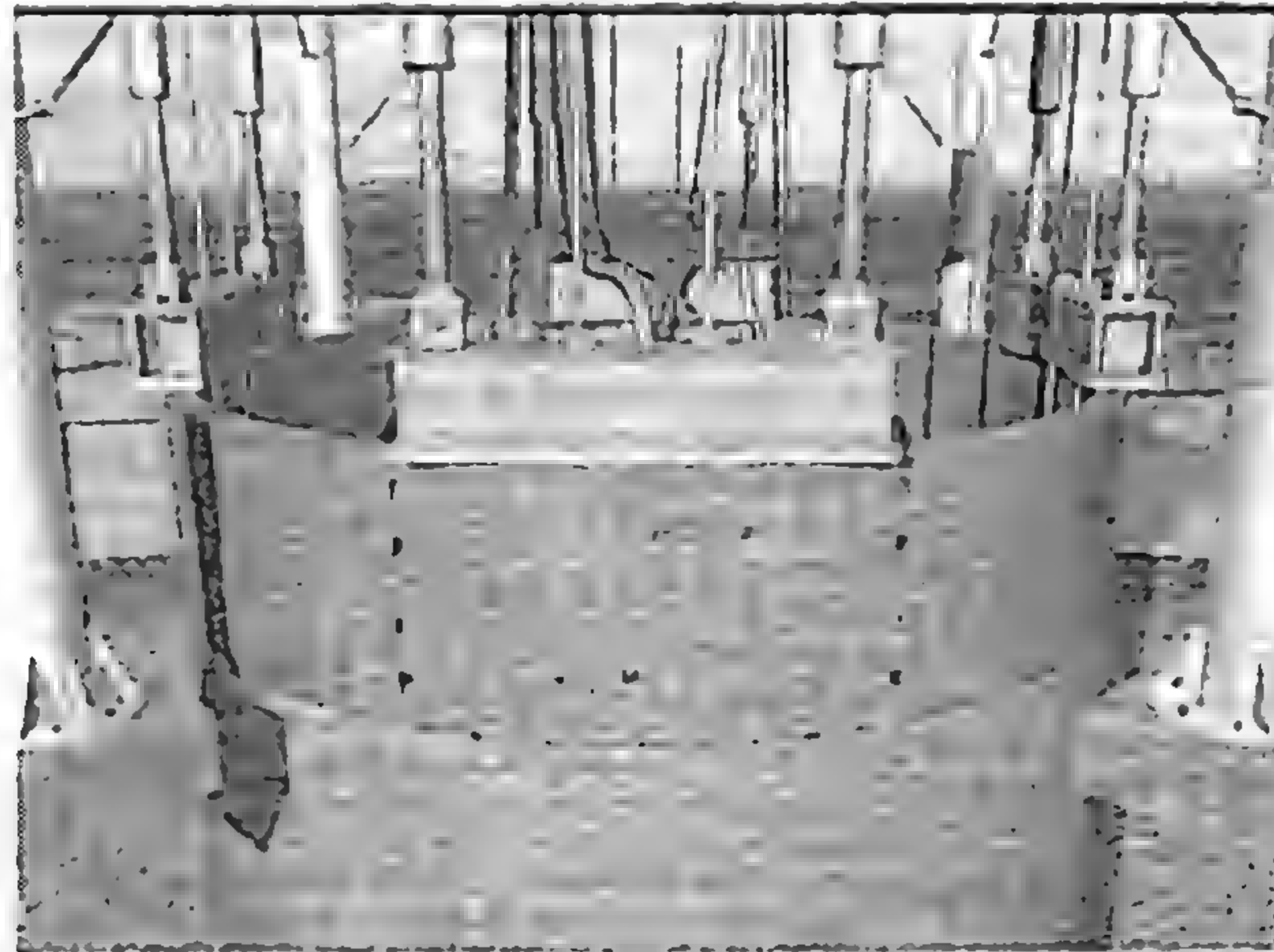
تركيب معدة الحفر و سحب التربة



استكمال تركيب معدة الحفر



شكل (٦) تركيب إطار معدني خارجي على أربعة أعمدة في الاتجاه الرأسي يثبت في الأرض بشدادات قوية ، هذا الإطار يحمل ماكينة الحفر وشفط الروبة ، كما يزود بثلاث مجموعات من روافع هيدروليكية تضغط على حافة القطع الخرسانية العليا لتغويصها



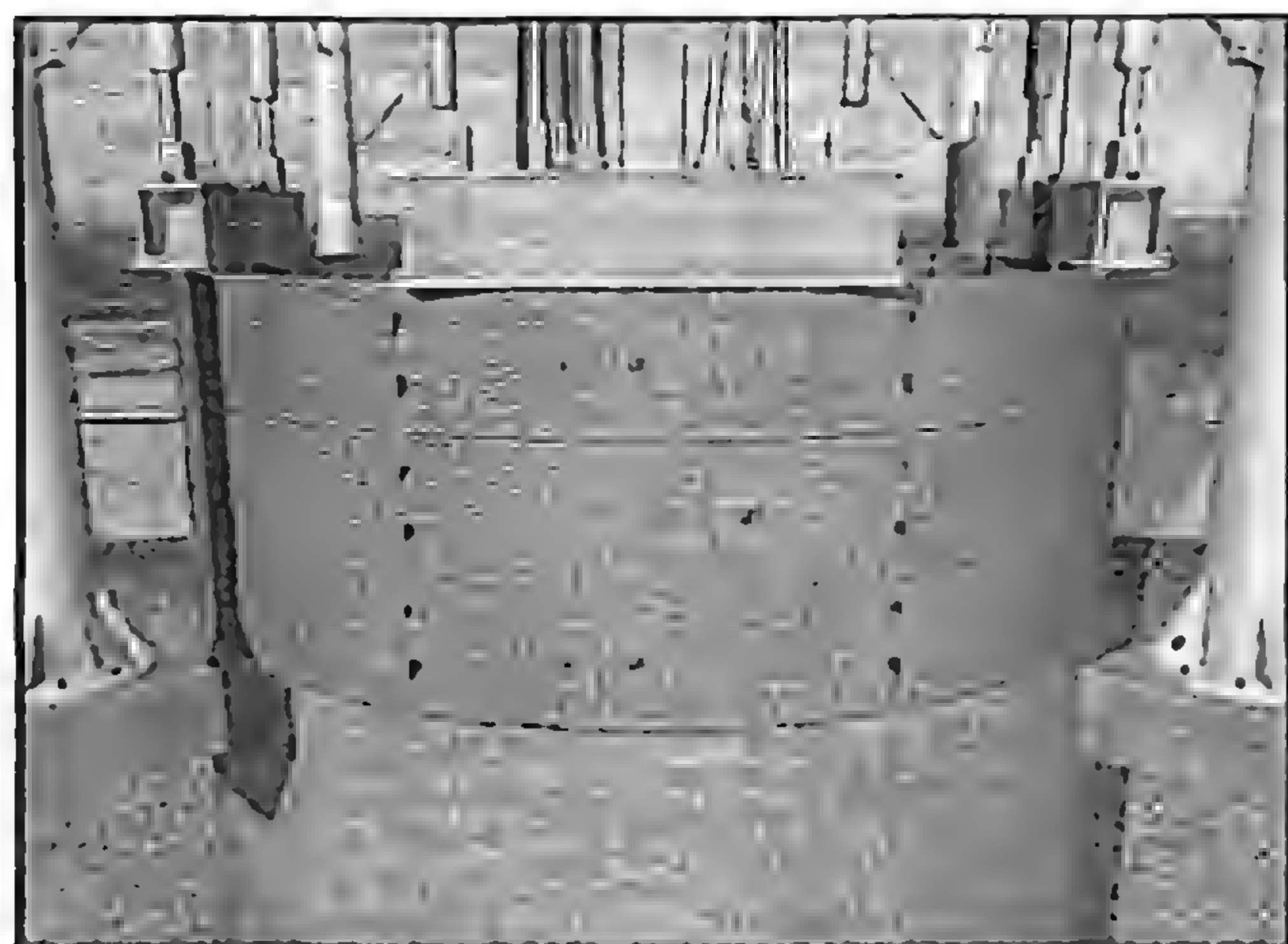
الضغط على الحلقات الخرسانية بالروافع



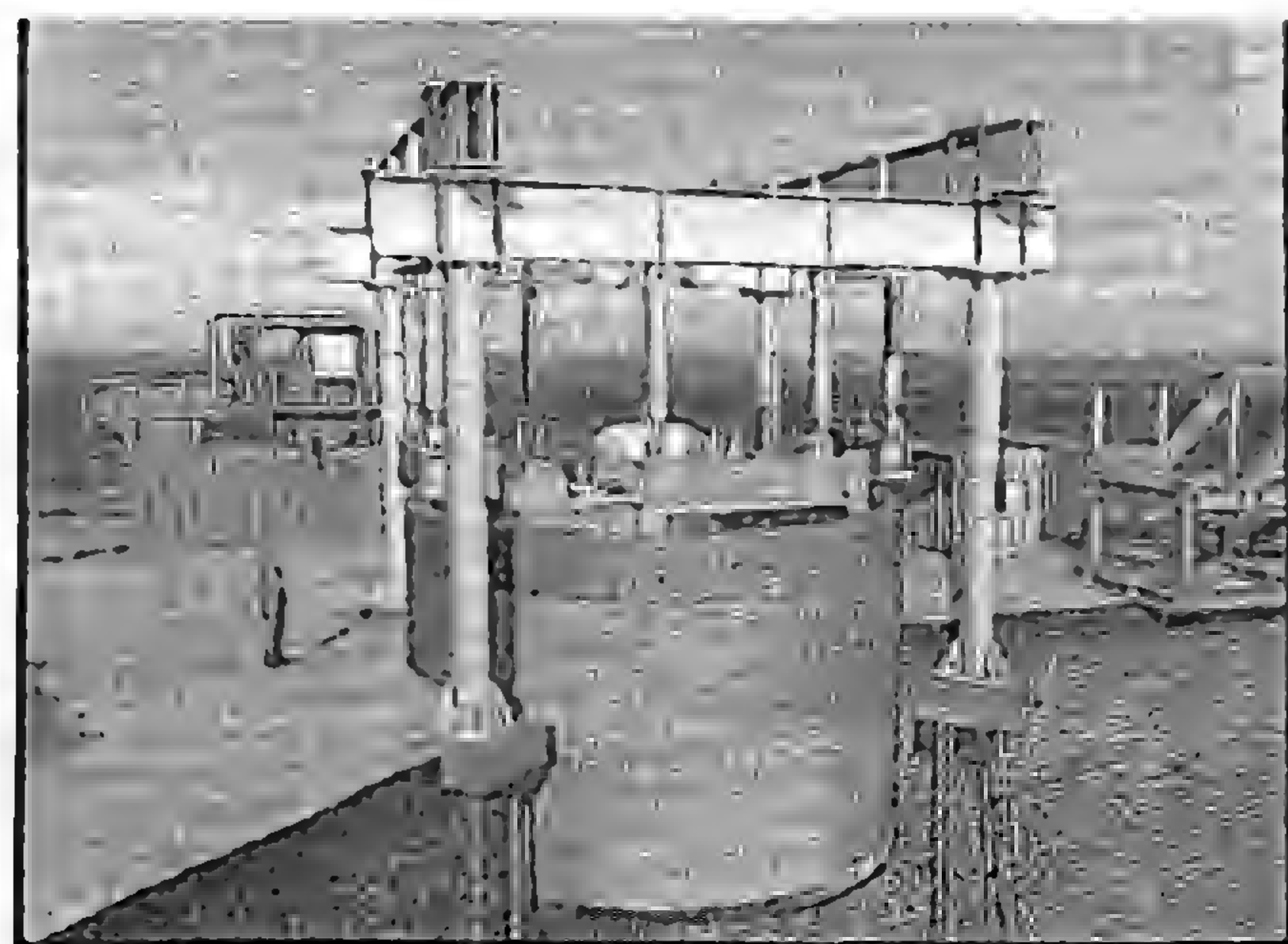
الحفارة وظلمبة الروبة



تركيب حلقات خرسانية إضافية



أعادة الضغط لتفويض البعارة



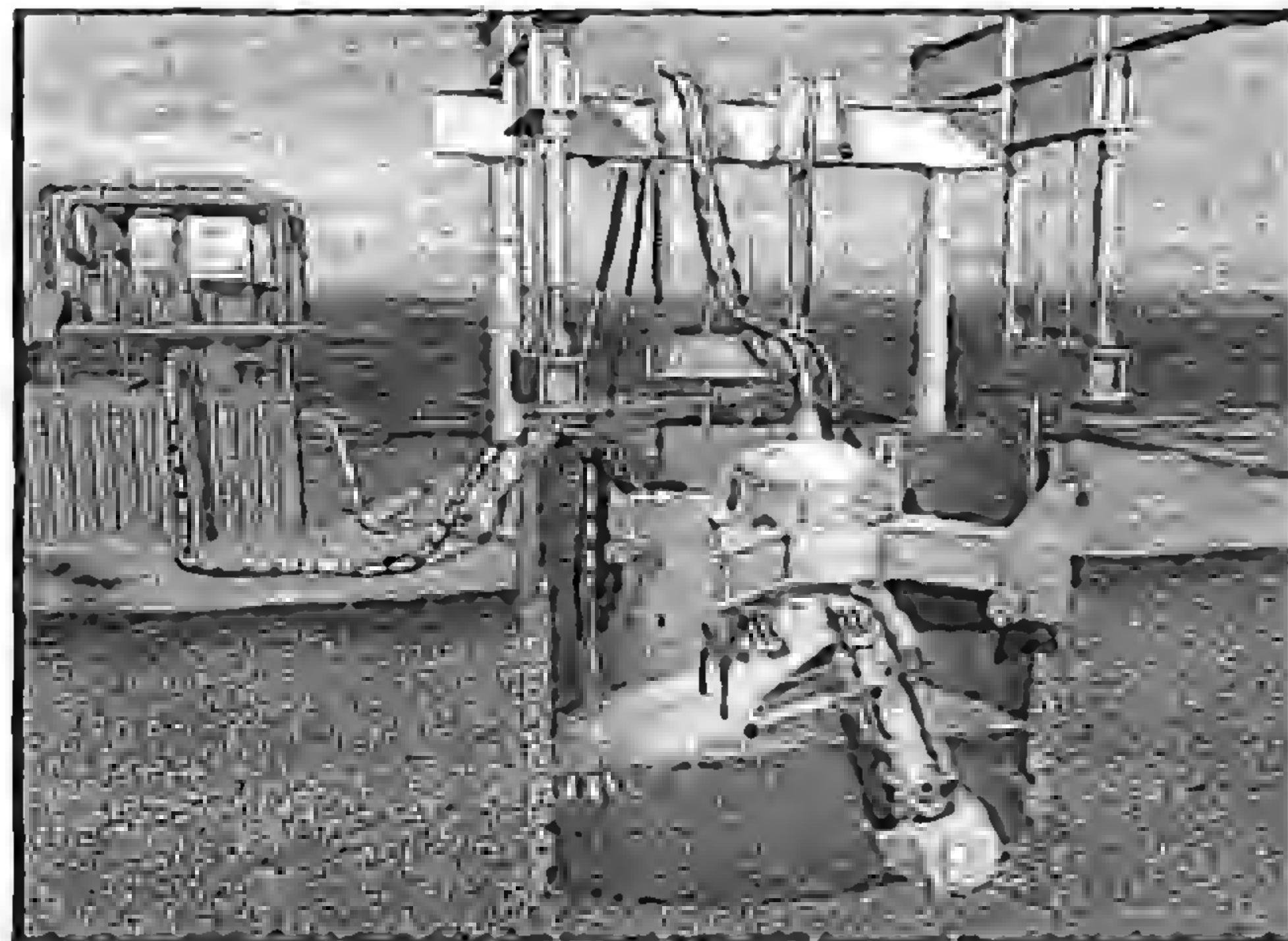
تثبيت قوائم الهيكل المعنوي العلوي بالأرض



شغل الحفارة أثناء العمل



آلة الحفر وظلمبة سحب الروبة



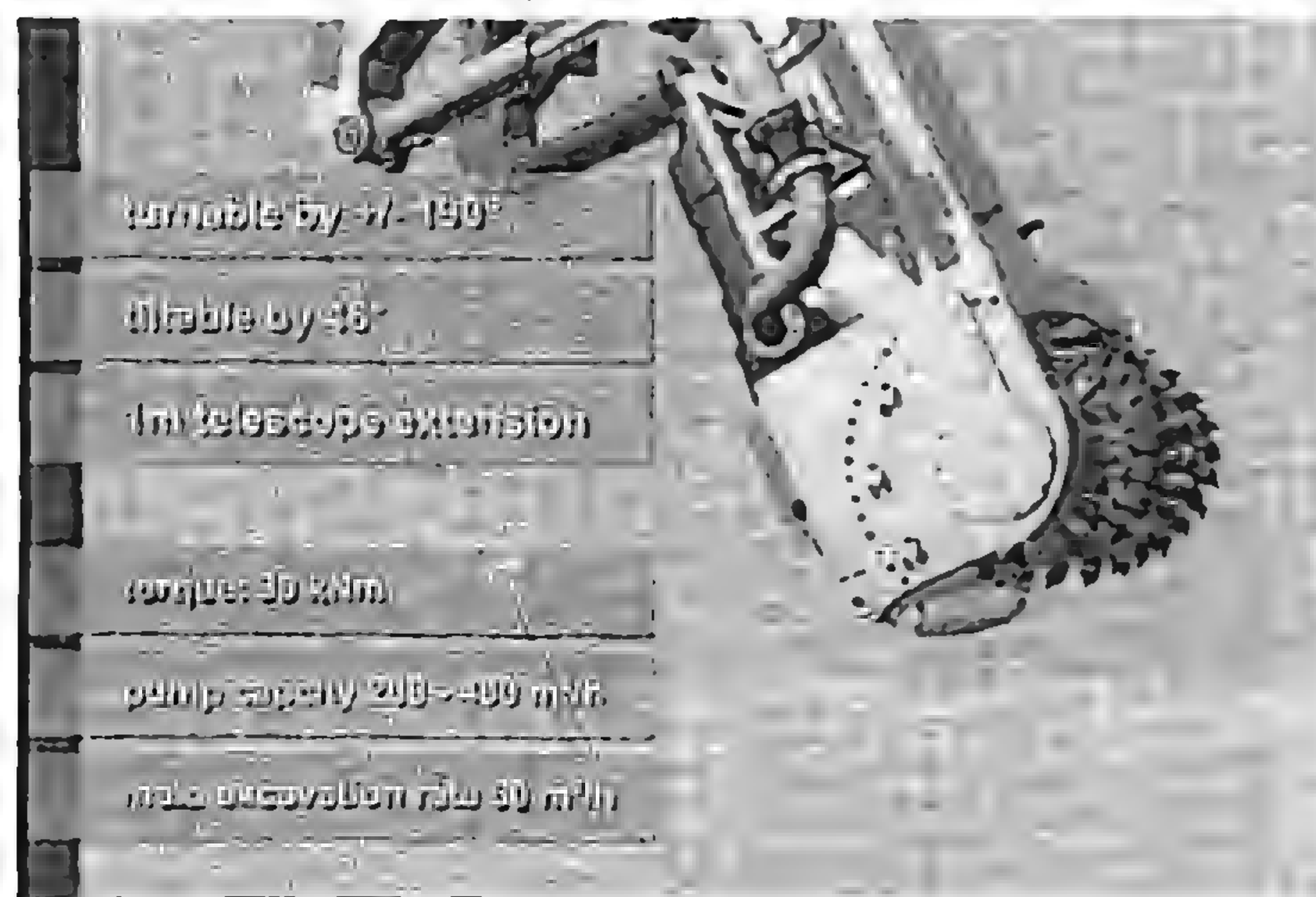
آلة الحفر وظلمبة سحب الروبة



شكل معدة الحفر



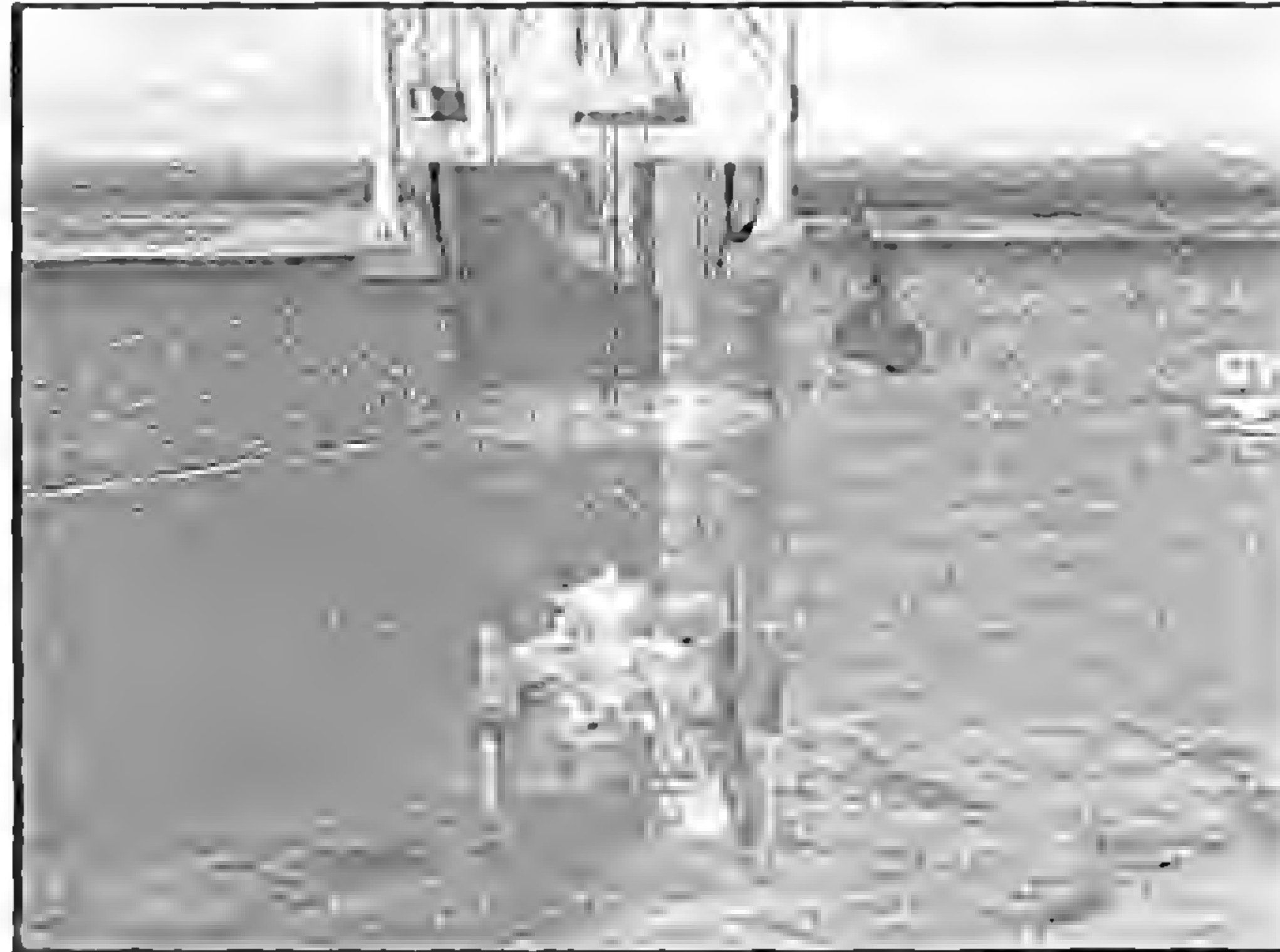
شكل معدة الحفر



شكل و تفاصيل معدة الحفر



التشديد الأوتوماتيكي للحوائط الخارجية للبيارة لتسهيل التفويض



صب الخرسانات للأرضية - سحب المياه من داخل البيارة - معالجة أي رشح مياه

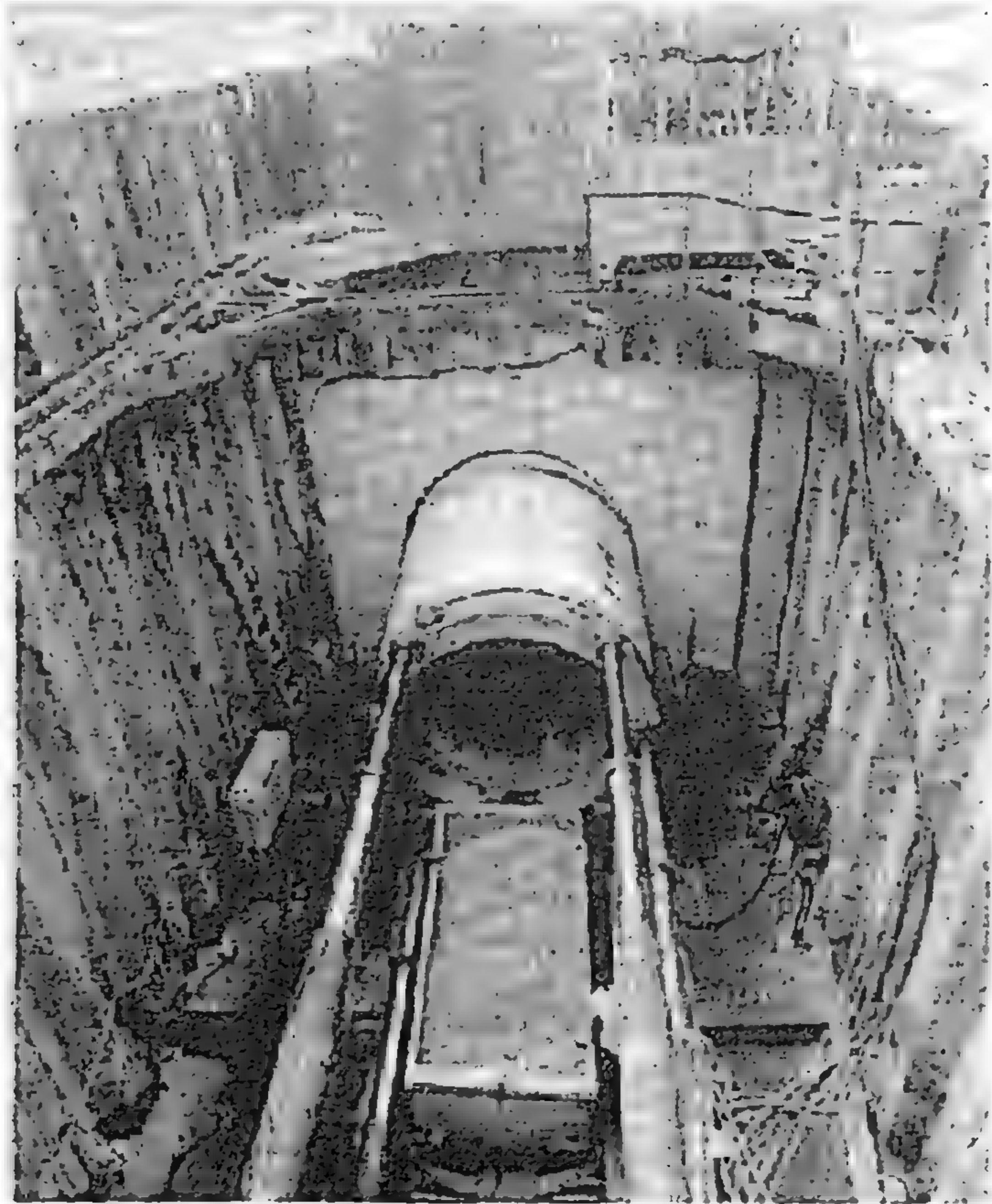


غرفة دفع منفذة بالفعل - قطر ٧,٦ متر - جدة - المملكة العربية السعودية

غرفة الدفع :

الطريقة الثانية - شكل (٧) :

الغرفة مؤقتة من الستائر المعدنية بالأبعاد المناسبة و المسنودة بالأطارات الحديدية من الداخل .



شكل (٧) غرفة الدفع أثناء العمل - الغرفة مؤقتة و منفذة باستخدام الستائر المعدنية

غرفة الدفع :

الطريقة الثالثة :

التنفيذ علي شكل بئارة - بالأبعاد المطلوبة سواء دائرية أو مستطيلة - وتغويصها بالحفر المكشوف (الطريقة العادية) . يتم تغويص هذه البئارة يدويا أو بواسطة كباش ميكانيكي .



شكل (٧) غرفة الدفع أثناء العمل

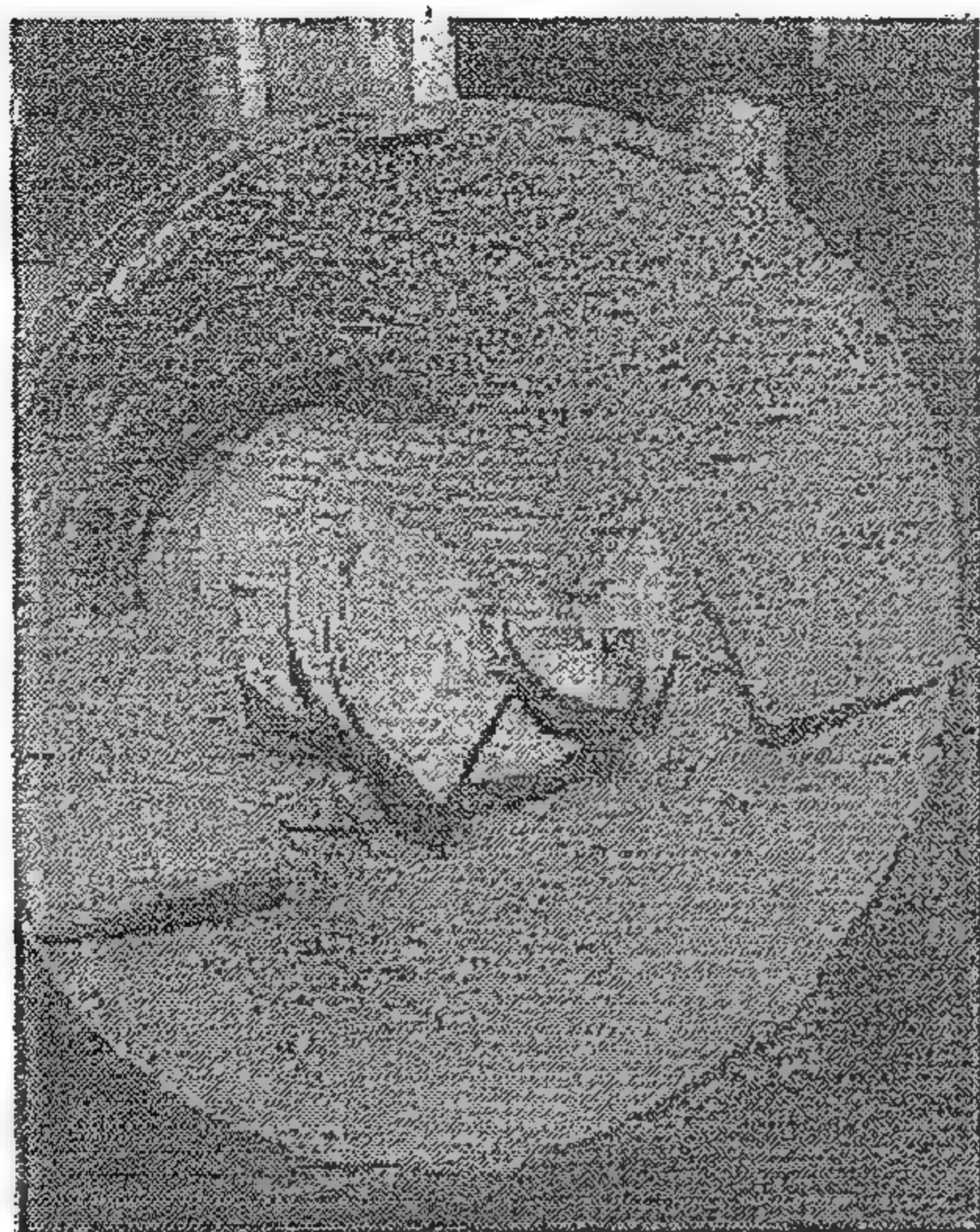
٣ - المعدة :

المعدة قادرة علي العمل في جميع أنواع التربة والطبقات الصخرية . تتكون المعدة من العناصر التالية :

أ - الدرع :

يكون من الصلب وقطره = القطر الخارجي للماسورة + ٥ سم . داخل الدرع ومن الأمام توجد الحفارة ، وهي عبارة عن مروحة دوارة مزودة بأسنان قاطعة قوية لتفتيت التربة أو الصخور . الحفارة مزودة بروافع هيدروليكية Steering Jacks لضبط وتصحيح المسار و الاتجاه أثناء العمل . يتصل عند مقدمة الحفارة ماسورة

لضخ المياه تحت ضغط عالي للخلط مع حبيبات التربة وتكوين الروبة Shurry. يتصل أيضا عند مقدمة الحفارة ماسورة أخرى مع طلمبة الروبة لشطفها الي خارج النفق ثم تصب في حوض ترسيب علي سطح الأرض لترسيب مواد التربة الي أسفل الحوض بينما يتم ضخ المياه من أعلى الحوض الي مقدمة الحفارة مرة أخرى - شكل (٨) .

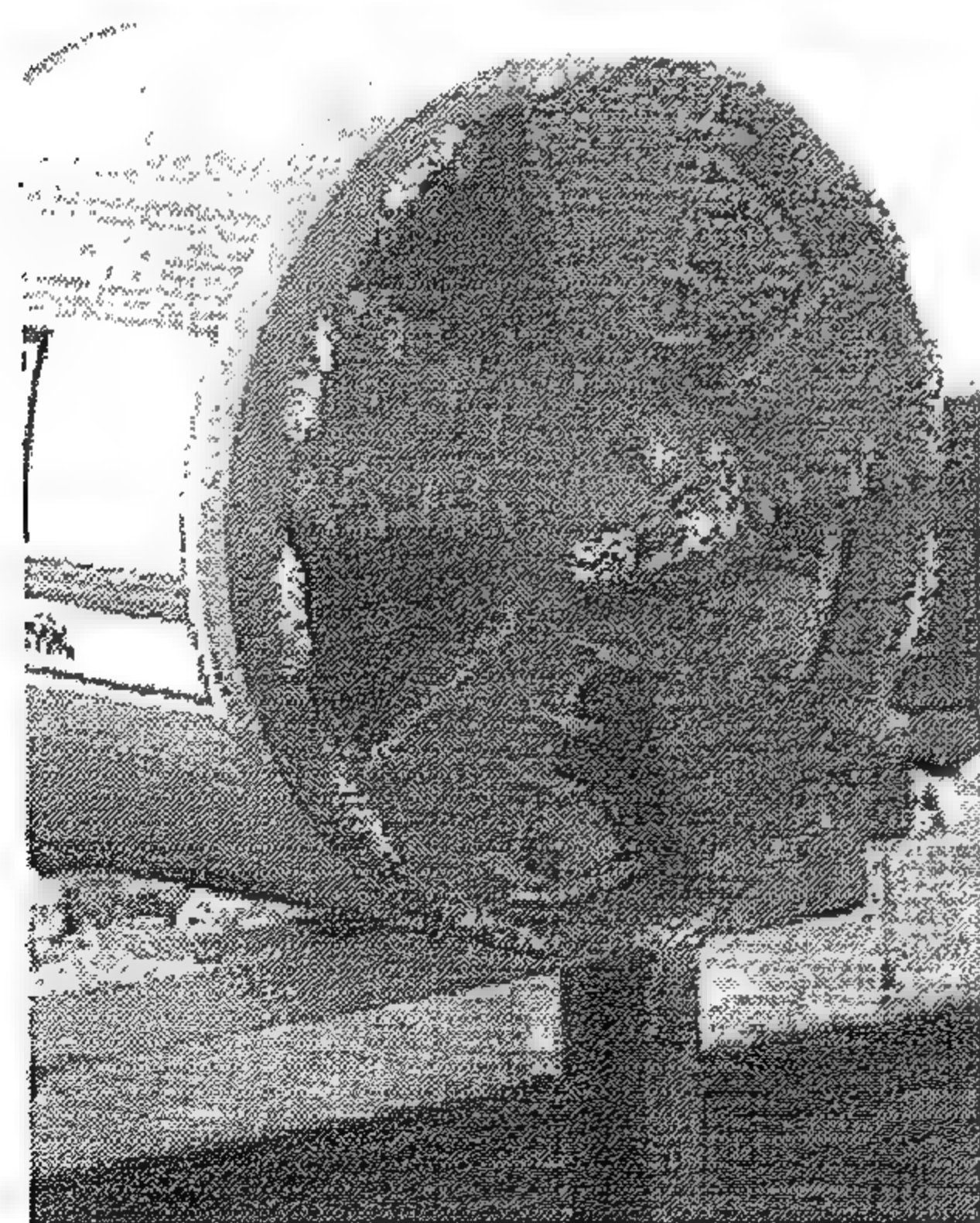


Cutting head assembly - type AVT

AUGER MATERIAL REMOVAL (AVT)

Pipe Inside Diameter		Machine Outside Diameter
AVT	250	363-565 mm
AVT	400*	565-665 mm
AVT	500*	665-785 mm
AVT	600*	760-865 mm

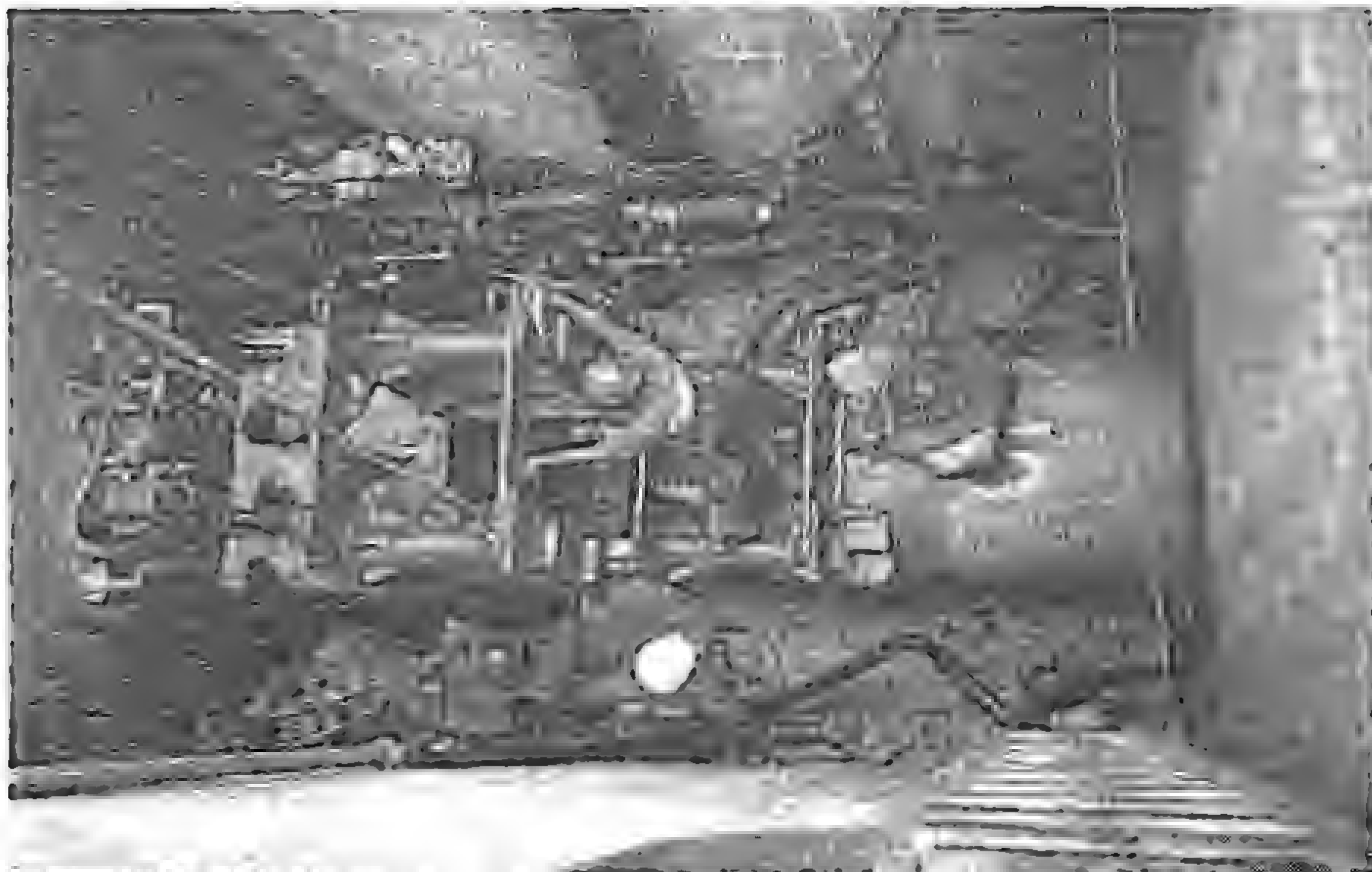
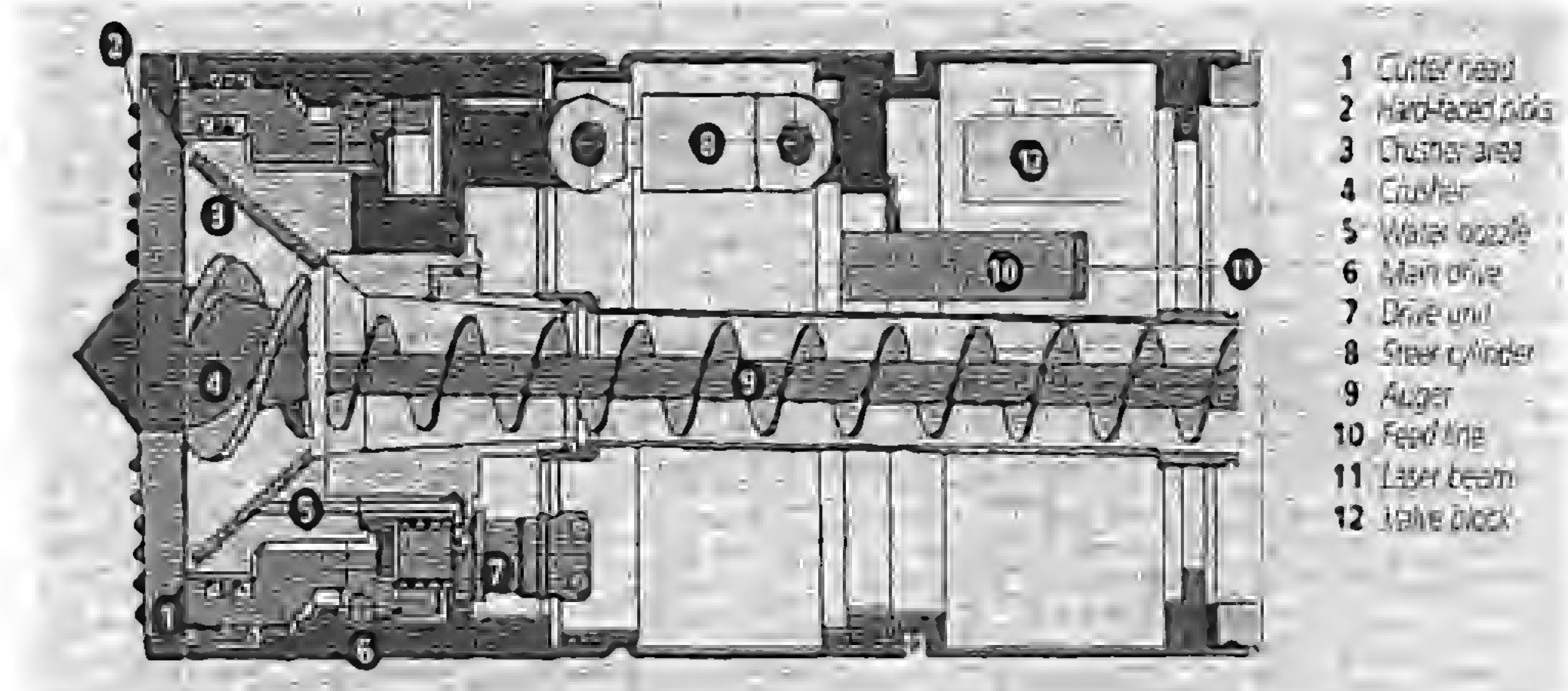
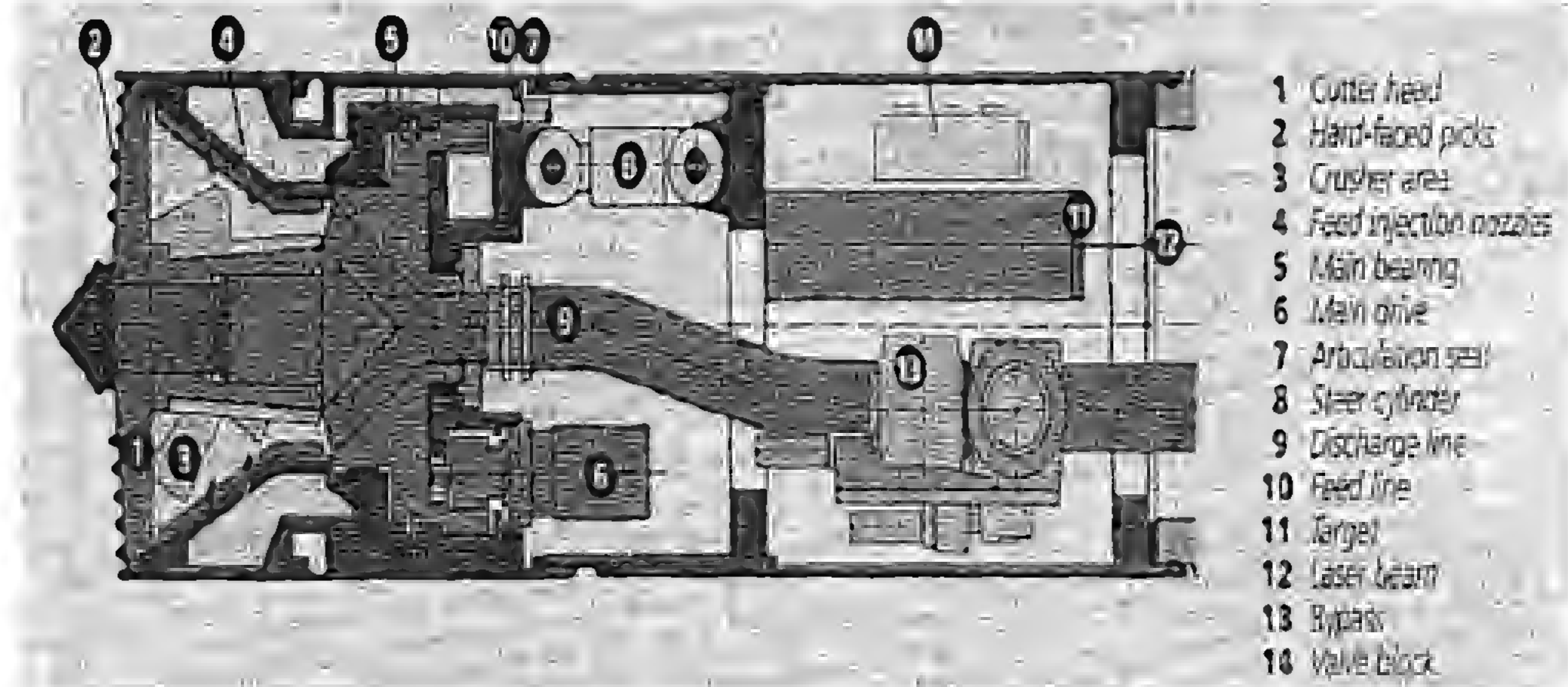
* With independant direct drive to cutting wheel. AVT 250 cutting wheel driven by auger



Cutting head assembly - type AVN

SLURRY MATERIAL REMOVAL (AVN)

Pipe Inside Diameter		Machine Outside Diameter
AVN	250	368 - 415 mm
AVN	300	415 - 565 mm
AVN	400	565 - 665 mm
AVN	500	665 - 760 mm
AVN	600	760 - 865 mm
AVN	700	865 - 975 mm
AVN	800 B	975 - 1110 mm
AVN	800	1110 - 1285 mm
AVN	1000	1285 - 1450 mm
AVN	1200	1450 - 1830 mm
AVN	1500	1830 - 1960 mm



شكل (٨) أشكال الحفارات والدروع - تظهر مكونات الحفارة والدروع

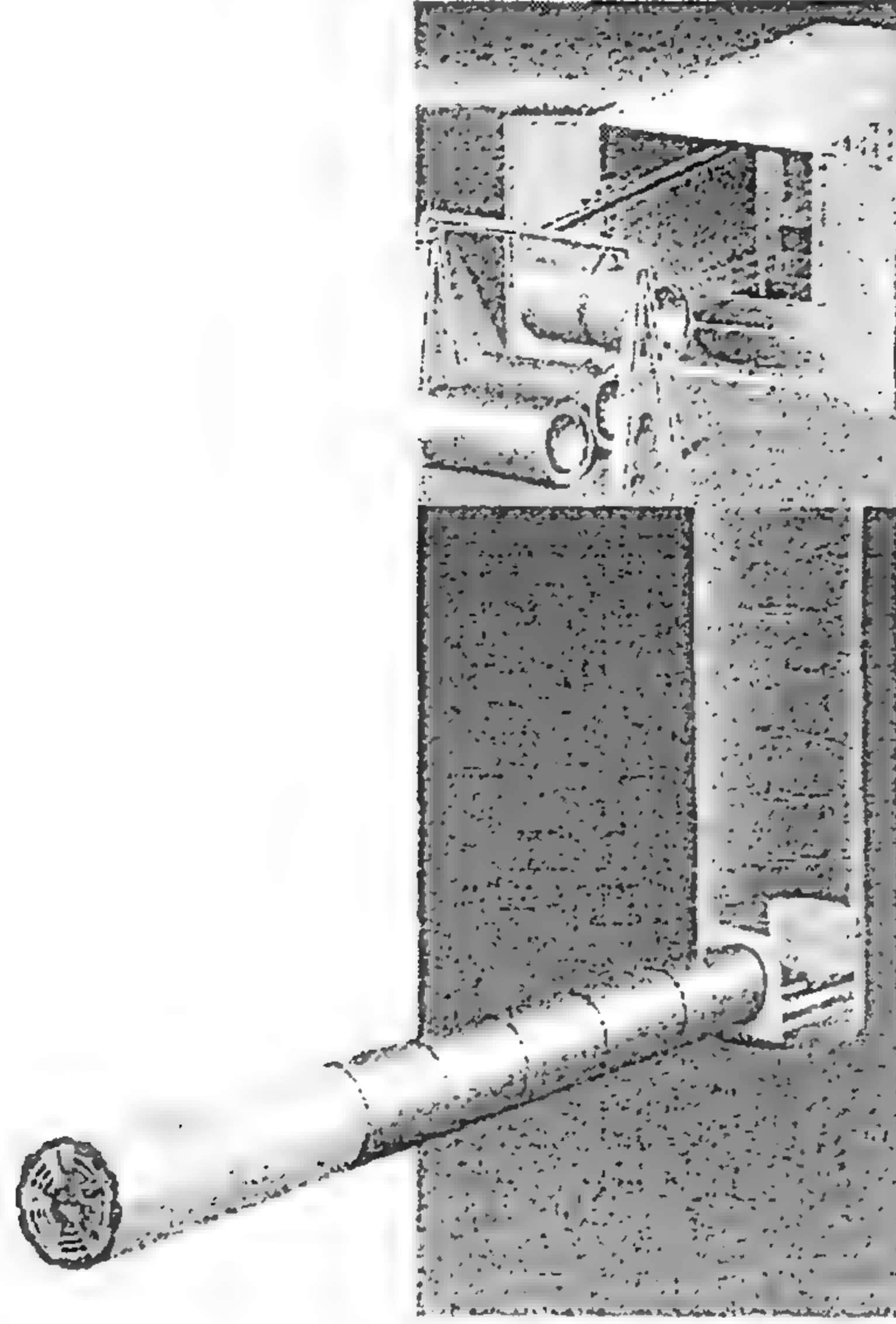
يتم وضع جهاز أشعة الليزر في مكان آمن في غرفة الدفع بينما تكون لوحة الهدف مركبة علي الحفارة . يراقب لوحة الهدف و شعاع الليزر كاميرا تليفزيونية مركبة داخل الدرع الأمامي لنقل الصورة الي شاشة جهاز مونيتر أمام عامل التشغيل عند سطح الأرض (داخل غرفة التشغيل) . في حالة حدوث أي انحراف في المسار (الأفقي أو الميل) ، يتم التصحيح بواسطة عامل التشغيل بتشغيل الروافع المساعدة في الدرع ليعود المسار الي سابق وضعه . عناصر النفق كاملا - شكل (٩) .

ب - محطة الدفع الرئيسية :

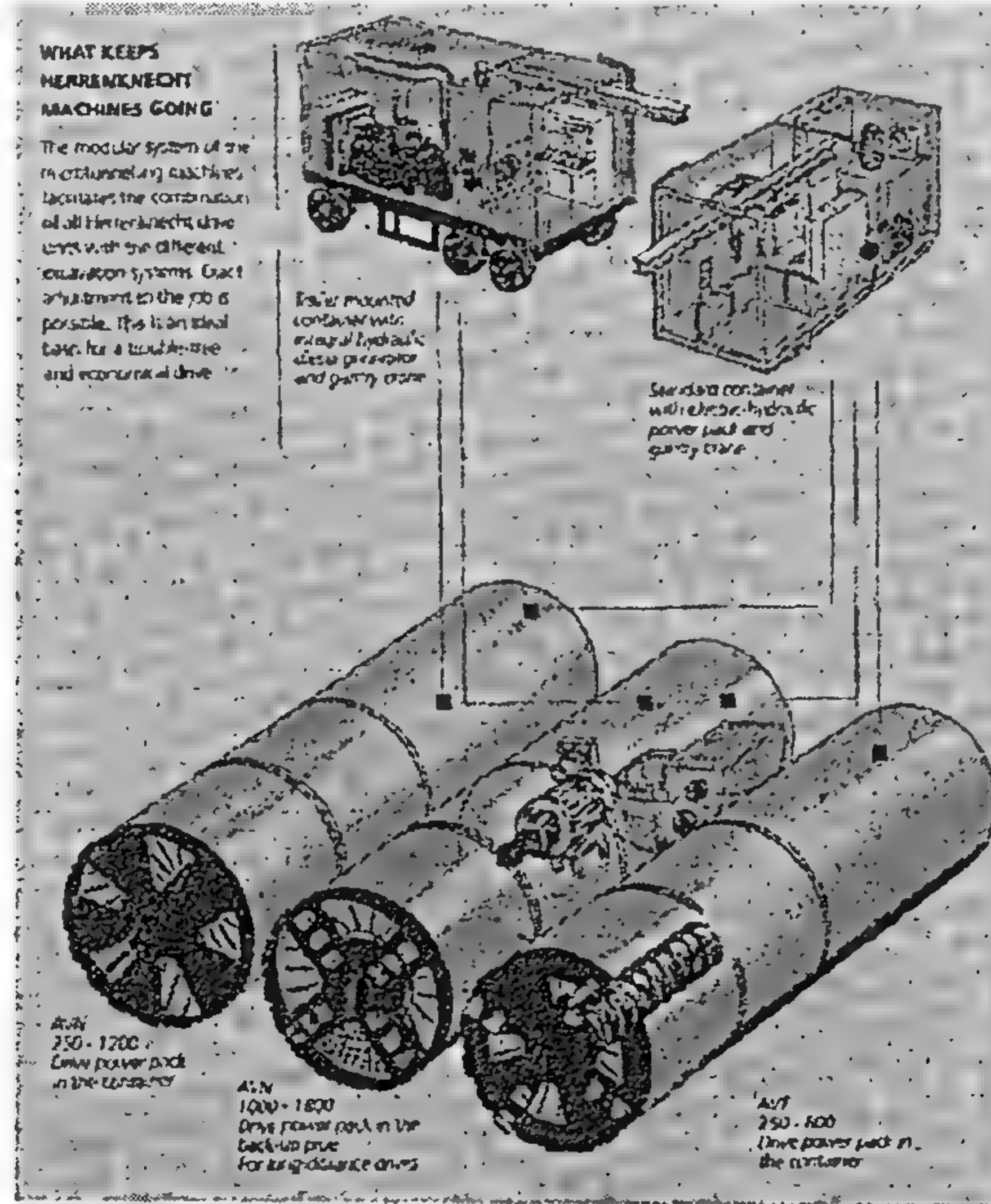
تكون من عدة روافع ، قدرتها كافيها لدفع المواسير بكامل طول النفق والتغلب علي قوي الاحتكاك مع التربة . أقصى أنفراج لها = ٣,٢ متر . تتركز هذه الروافع علي حائط أرتكاز قوي مصمم علي مقاومة رد فعل الروافع . تدفع الروافع الماسورة عن طريق حلقة دائرية من الصلب Diaphragm Ring تتركز علي بدن الماسورة وتوزع قوي الروافع علي محيط الماسورة.

ج - وحدة التشغيل Control Panel :

تكون في غرفة فوق الأرض وبها مفاتيح التشغيل والتحكم ، وكذلك الشاشة التليفزيونية التي يتم من خلالها مراقبة خطوات التشغيل داخل النفق .

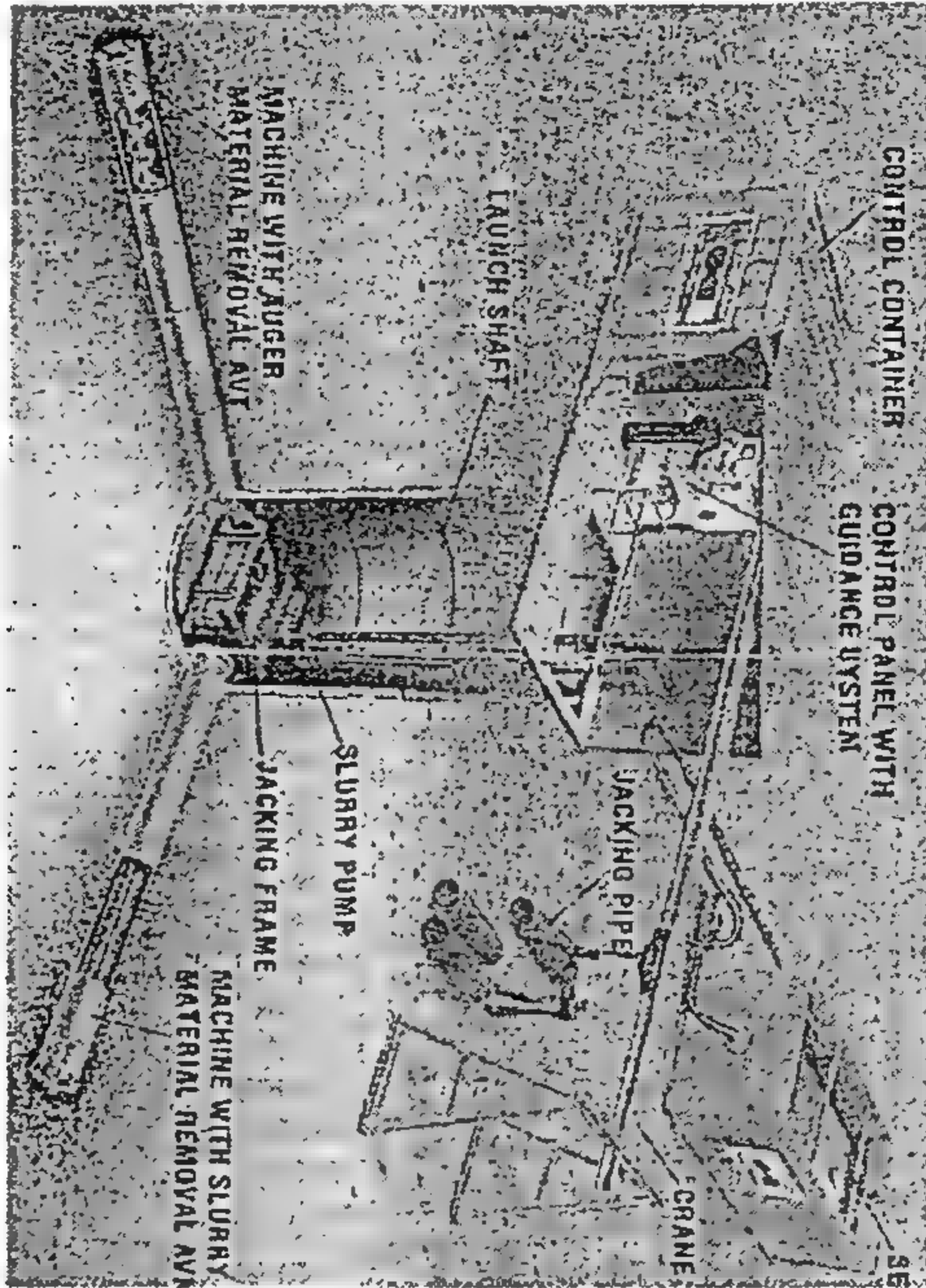


شكل (٩) نظام تشغيل كافة معدات الأنفاق الصغيرة - تدار عملية التنفيذ من داخل حاوية

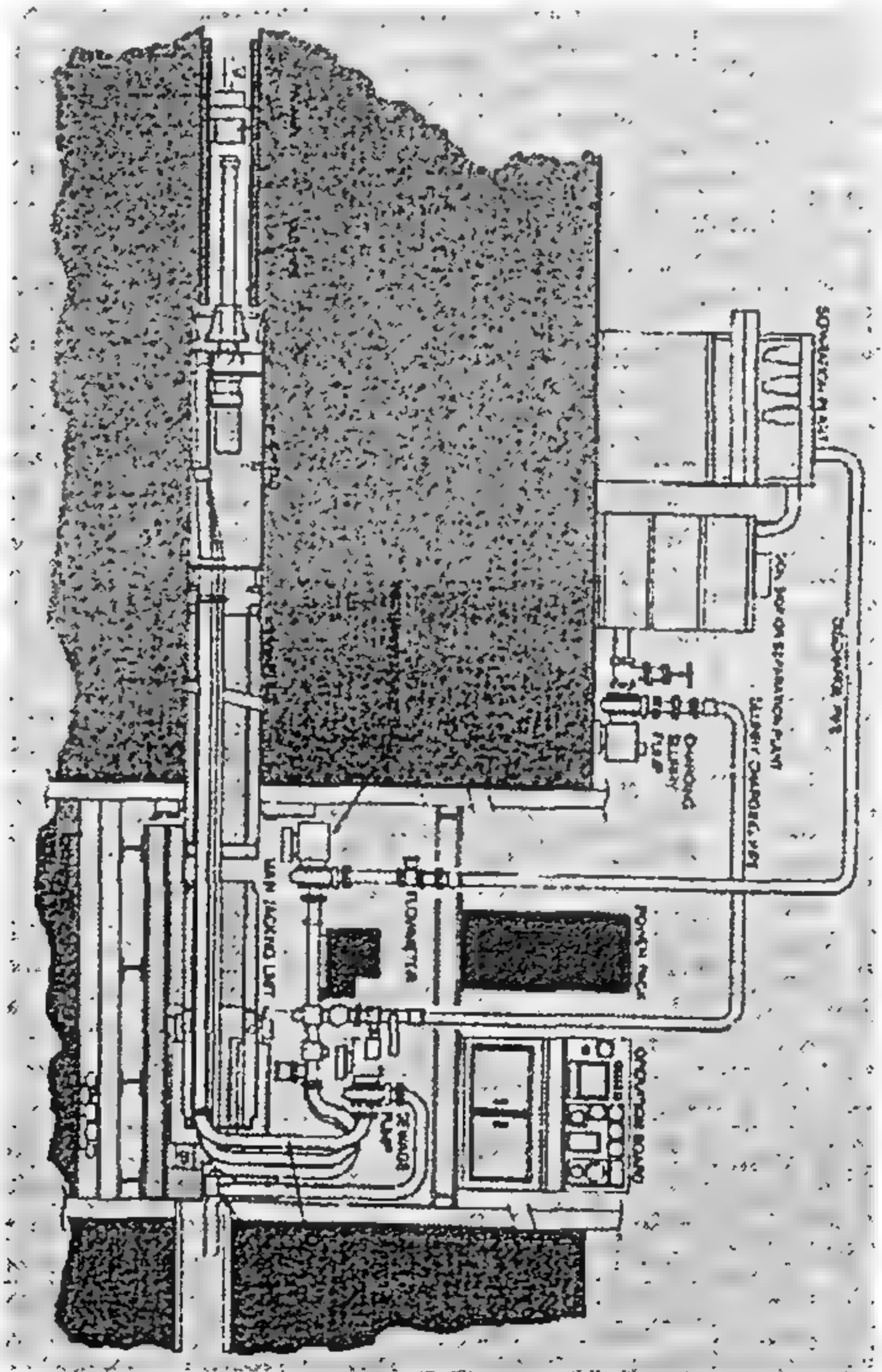


شكل (٩) طرازات الماكينات (الحفارات والدروع) العاملة في مجال الأنفاق الصغيرة - ماكينات AVN تنفذ أنفاقاً بقطر ٢٥٠ - ١٨٠٠ مم والطراز الآخر AVT ينفذ أنفاقاً من ٢٥٠ - ٨٠٠ مم

الإنشاءات المتميزة إنشاء الأنفاق



شكل (٩) معدة الأنفاق الصغيرة ، التوجيه من حاوية تقع مباشرة فوق غرفة البداية - حوض الترسيب على هيئة حاوية



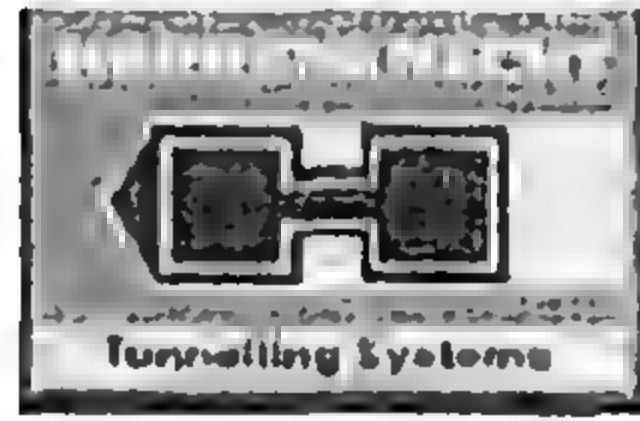
شكل (٩) نظام الأنفاق الصغيرة كاملا بكافة عناصره - يظهر في أحد استخداماته في تغيير ماسورة قديمة بأخرى جديدة

٤ - الطاقة اللازمة لتشغيل المعدة :

يستخدم مولد كهربائي لتشغيل المعدة وأمدادها بالطاقة المناسبة للعمل بجانب مصدر كهربائي آخر من المصدر الرئيسي (كهرباء المدينة) .

دفع المواسير :

شكل (١٠) - نفق قطر ٦٠٠ مم :



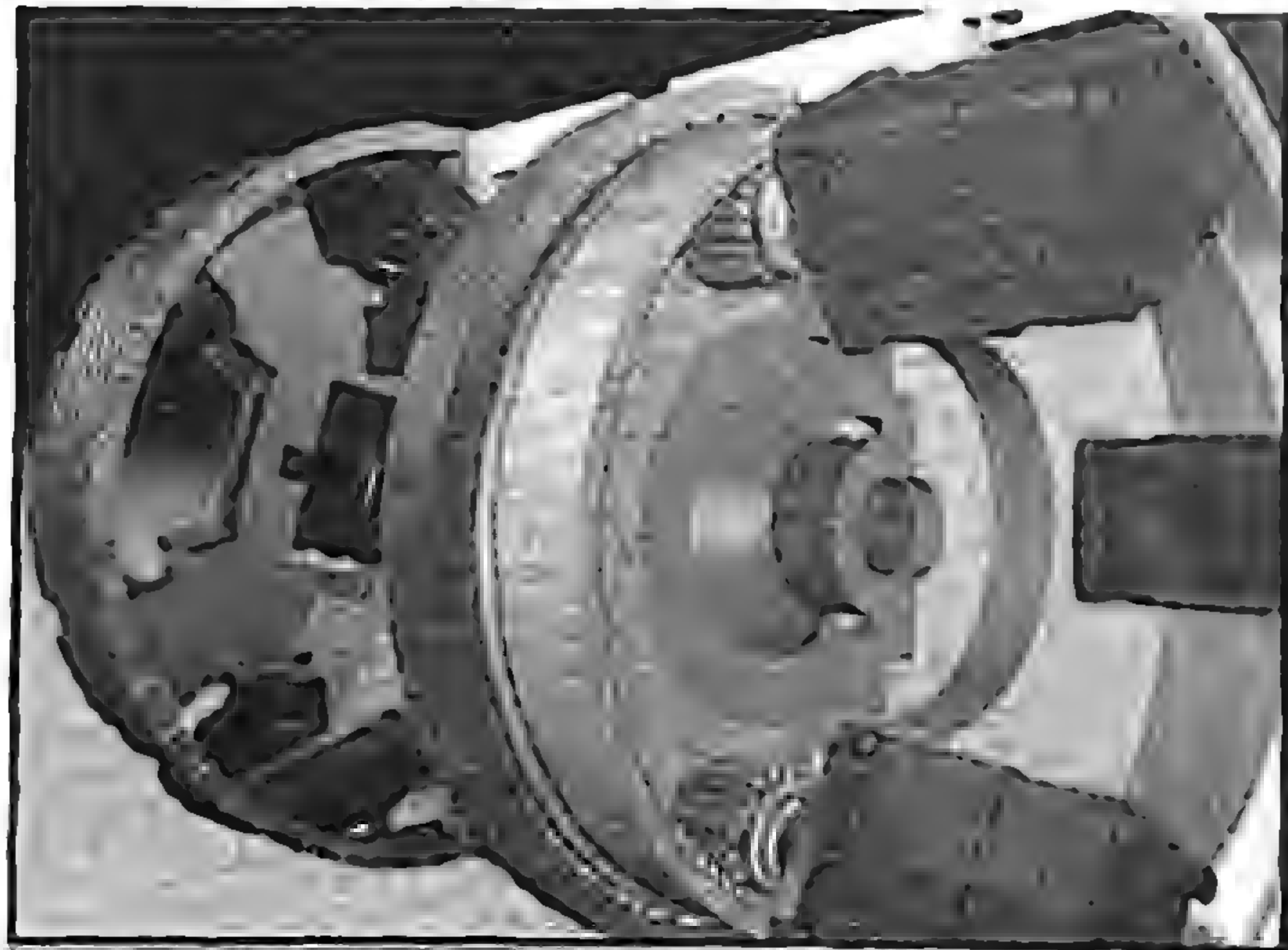
Herrenknecht
AVN 600

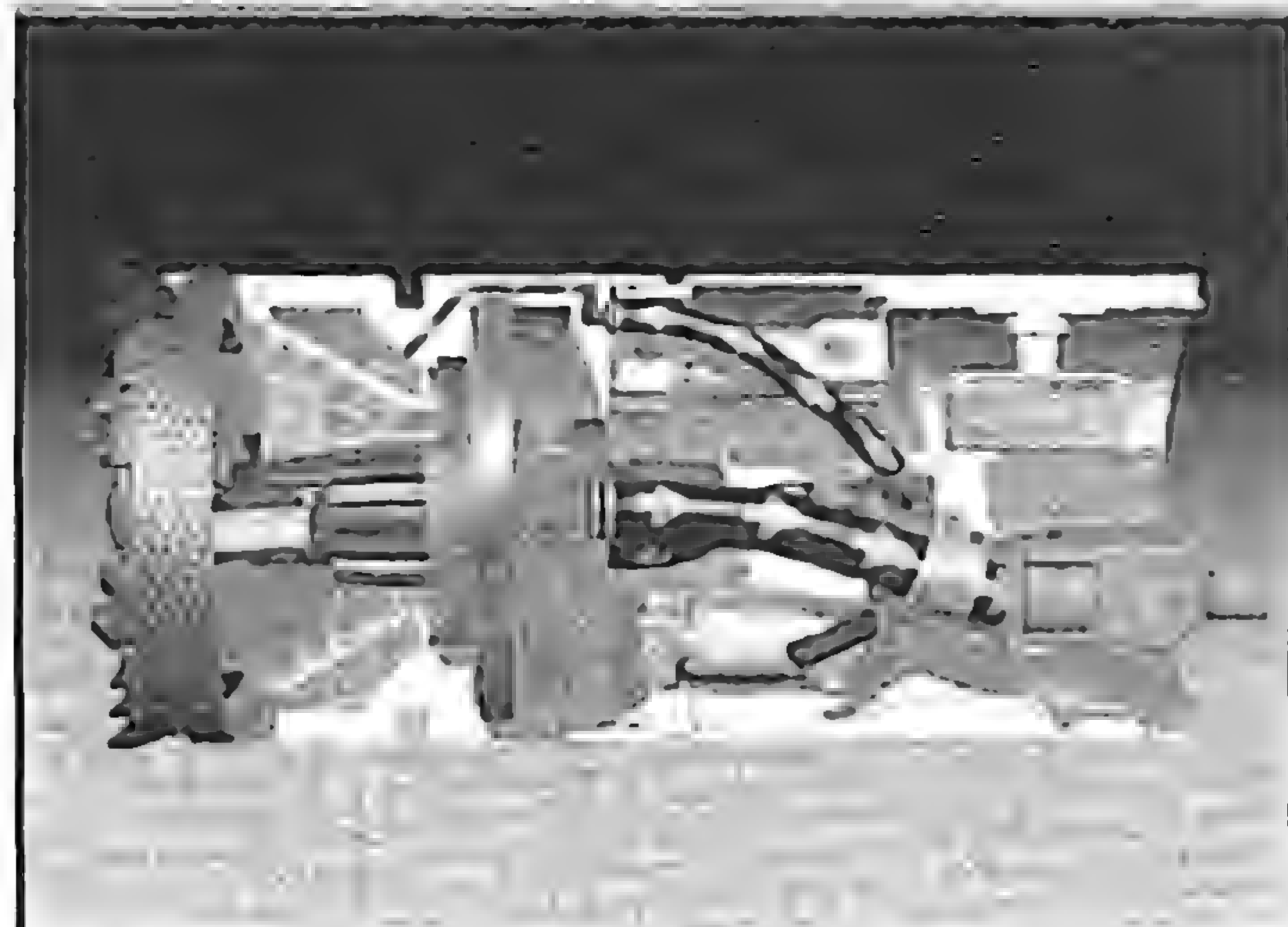
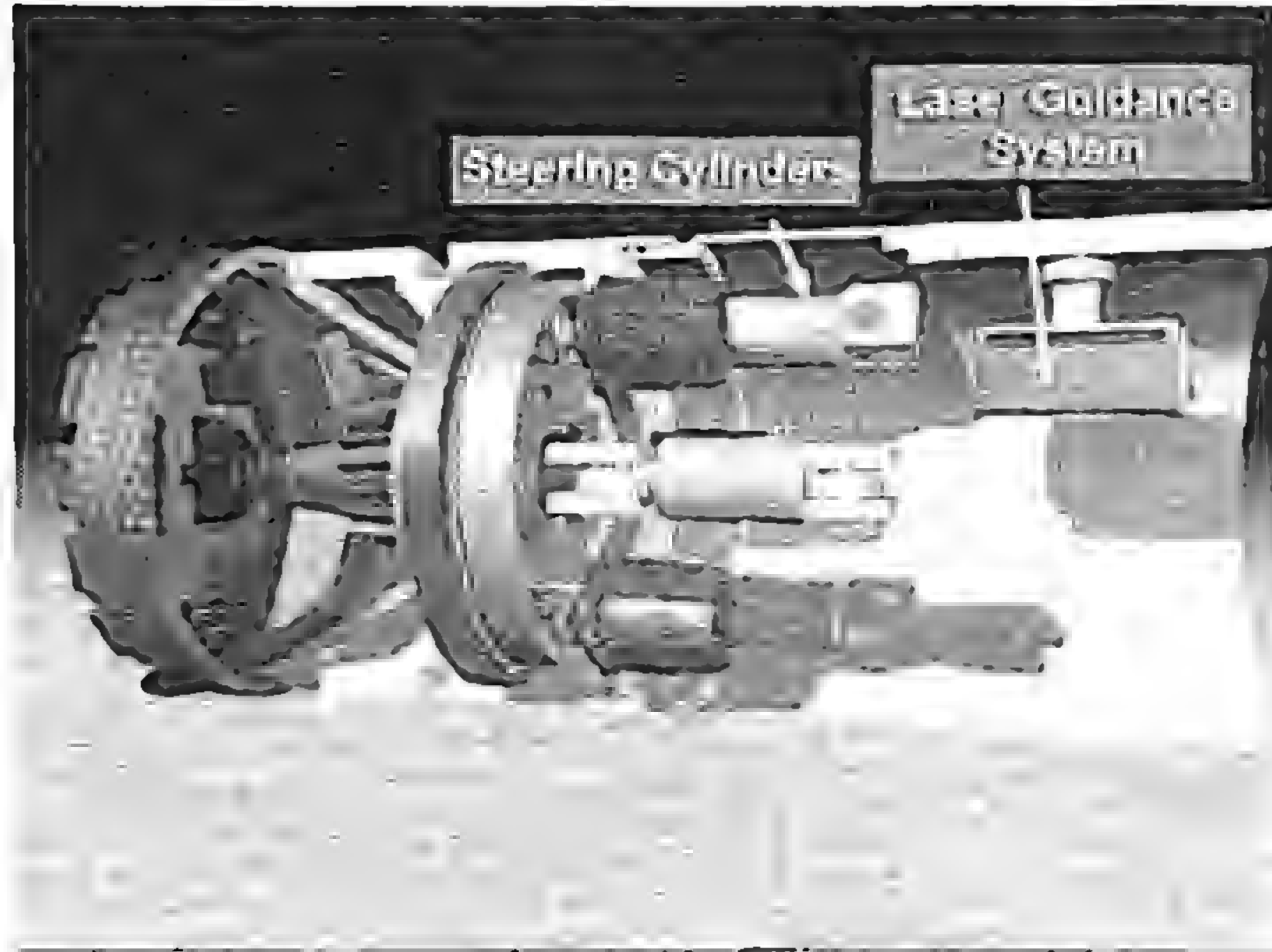


شكل (١٠) اللجوء الى طريقة دفع المواسير تجنباً لتعطيل المرور



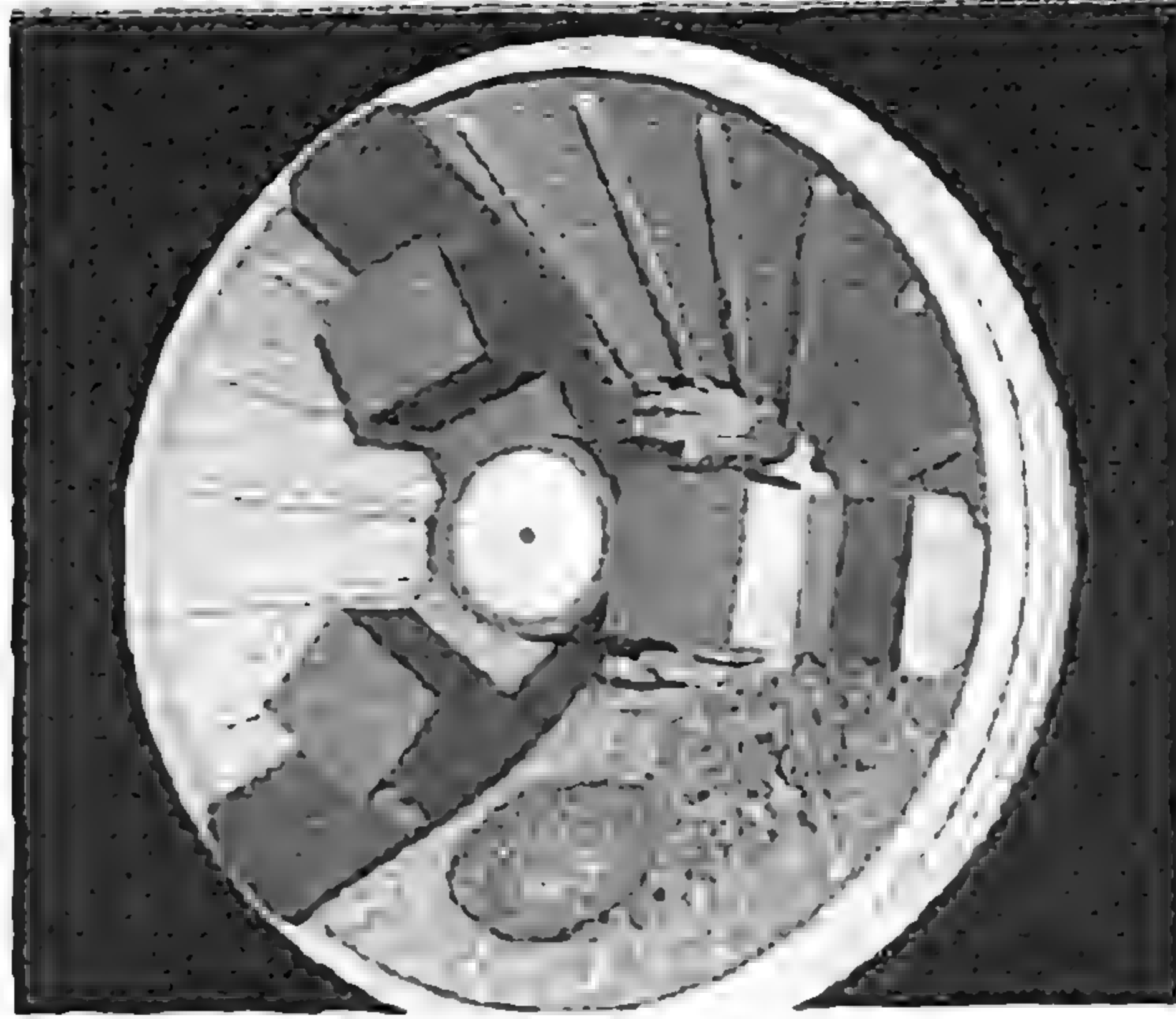
شكل (١٠) تفاصيل غرفة الدفع و الحفارة



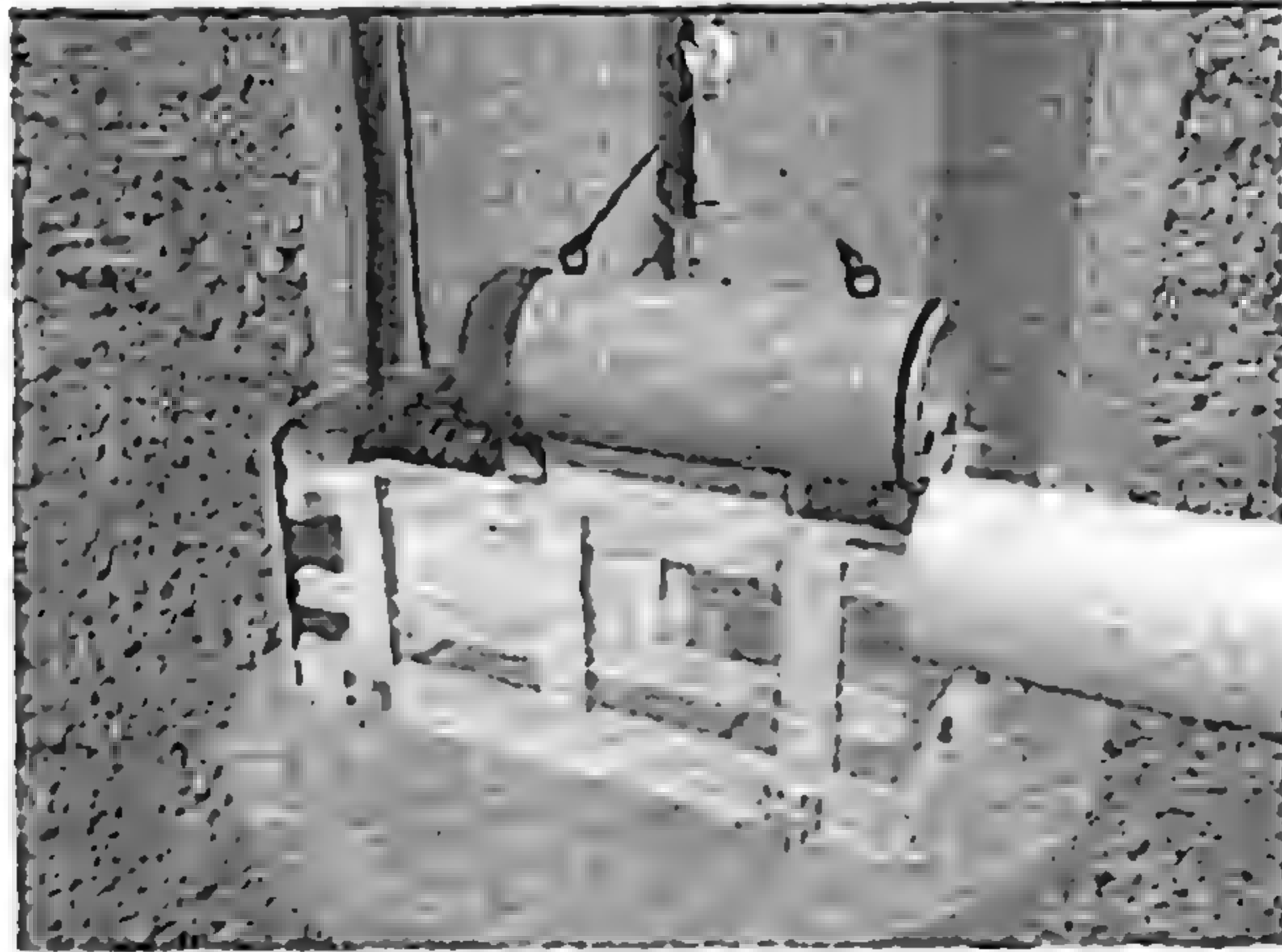


شكل (١٠) إدارة الحفارة وطريقة عملها

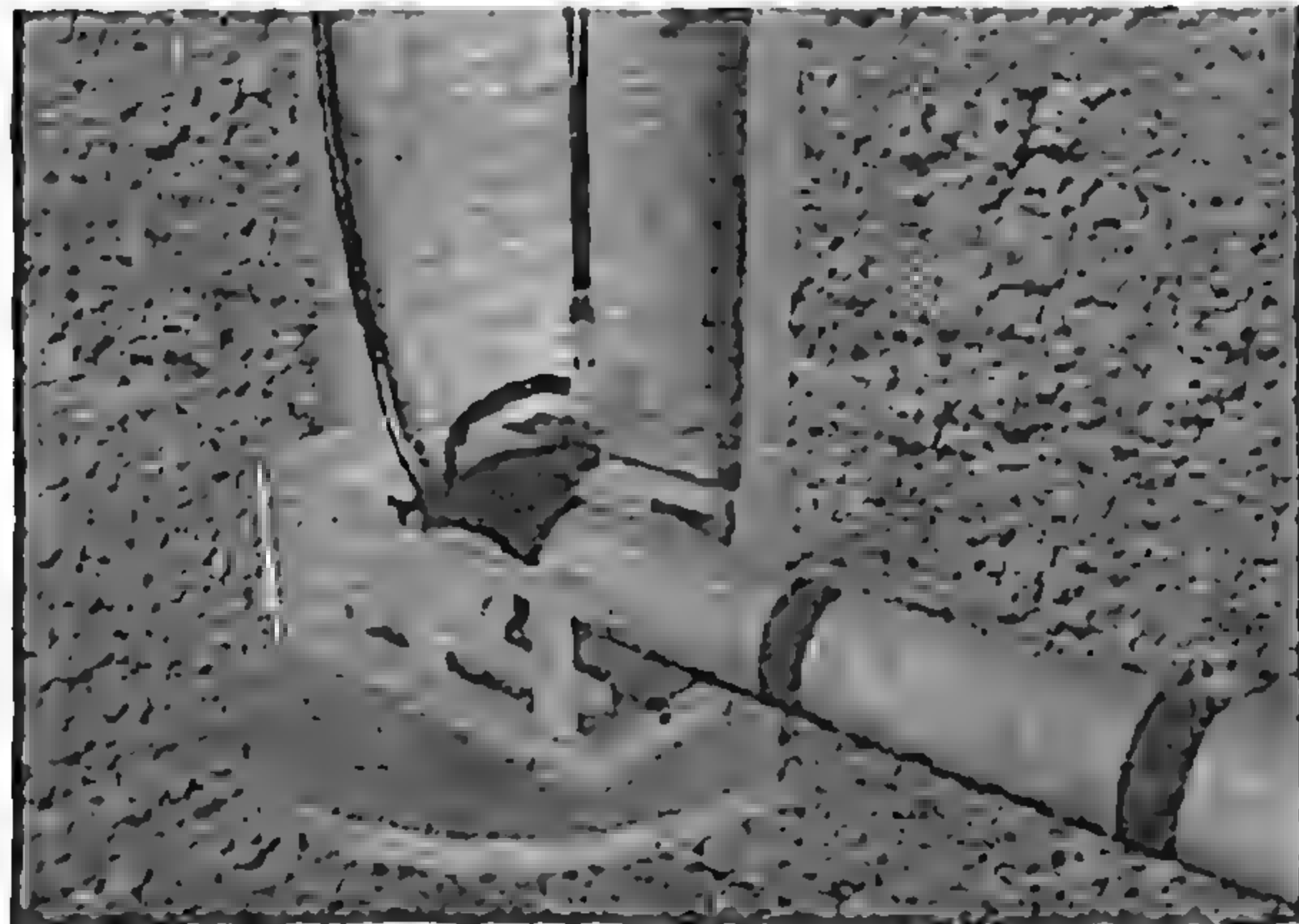




شكل (١٠) حجر كبير يواجه الحفارة أثناء الحفر - يتكسر الحجر الي قطع صغيرة يسهل شقها
بظلمبات الروبة



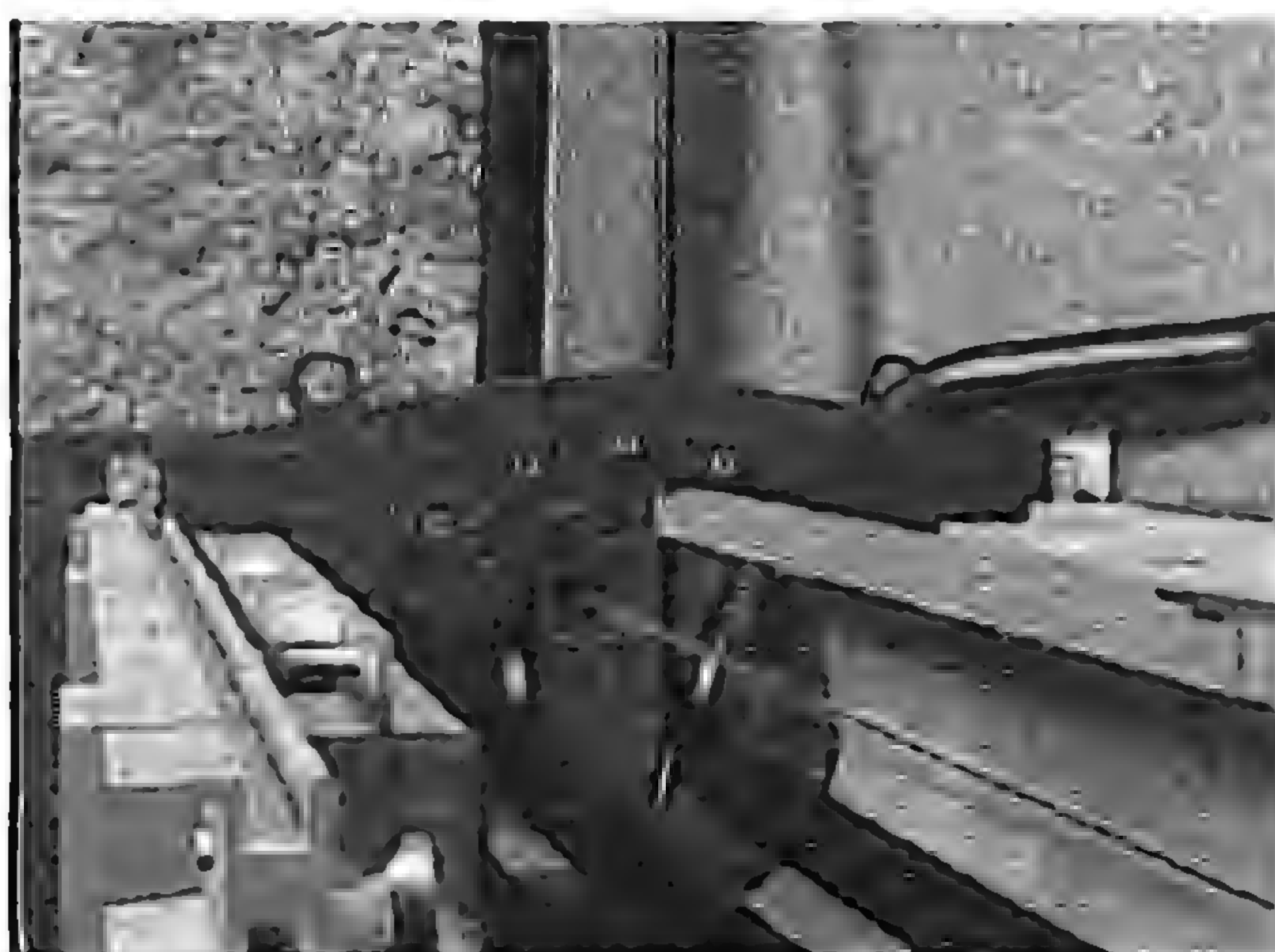
تنزيل المواسير داخل غرفة الدفع



دفع و تركيب المواسير



وصول الحفارة والمواسير الى غرفة الاستقبال



شكل (١٠) شعاع الليزر ، لضبط اتجاه الحفارة

طريقة التنفيذ :

- ١ - تنشأ غرف الدفع و الاستقبال بالمقاسات المناسبة لأبعاد للروافع والماسورة .
ينشأ أيضا حائط الارتكاز الخرساني لأرتكاز الروافع الميكانيكية . ننزل معدات الدفع وتركيبها داخل الغرفة . يتم تثبيت جهاز الليزر في مكان آمن في مؤخره الغرفة مع ضبطه علي الأفقية و الميل المطلوبين.
- ٢ - ننزل الدرع الي داخل غرفة الدفع . يتم تشغيل الروافع لدفع الدرع الي أول مسار النفق ثم تتكمش الروافع مرة أخرى .
- ٣ - توضع أول ماسورة ويركب ذيلها مع الدرع من الخلف . تدفع الماسورة والدرع الي الأمام حتي كامل أنفراج الروافع والذي يبلغ ٣,٢ متر.
- ٤ - نبدأ في تجهيز الماسورة التالية ، يوضع حلقه خشبية من ألواح (ويزافورم) بين الماسورتين بسمك ١٨ مم مع لصقها وتثبيتها Packing . تعمل هذه الحلقة مثل وصلة قابلة للأنضغاط بين كل ماسورتين متتاليتين لحماية الماسورتين من تهشم البدن ، ويتم عزلها من الخارج بمواد عزل بيتومينية.
- ٥ - باستمرار دفع المواسير وقيام الحفارة بالعمل ، يتم ضخ المياه الي مقدمة الحفارة لتختلط بمواد التربة وتروبها . يوجد أيضا طلمبة تضخ المياه تحت ضغط ٣٠٠ ض . ج , Jet pump تقوم أيضا بتفتيت التربة وتحويلها الي قطع صغيرة يسهل خلطها بالمياه.
- تقوم ماسورة أخرى و طلمبة شفط الروبه بشفط الروبة (تربة مخلوطة بالمياه) Slurry Pump من أمام الدرع الي خارج النفق الي حوض ترسيب علي سطح الأرض .
تترسب الحبيبات الي أسفل الحوض بينما تسحب المياه من أعلي الحوض ليتم ضخها مره أخرى داخل النفق.

معدلات الدفع :

- ترجع معدلات الدفع الي نوع التربة وطول النفق . تكون هذه المعدلات في حدود ٢٠ م . ط / الوردية في حالة التربة الرملية أو الصخور الضعيفة .
يمكن دفع المواسير الي مسافة ٣٠٠ م . ط كحد أقصى .

الدقة :

تبلغ دقة العمل الي ٣٠ مم في الأفقية أو المنسوب . يفضل دفع المواسير من أسفل الي أعلى حتي لا ينتج هبوط في سطح الأرض نتيجة إنشاء النفق .

ملاحظة :

قد تصادف الحفارة كتل صخرية شديدة الصلادة أثناء العمل ، قد يفكر البعض في زيادة قوة الدفع من الروافع مع دوران الحفارة . قد يكون ذلك خطرا نظرا لأحتمال تهشم المواسير . وقد يتم الحفر المكشوف فوق موقع الحفارة لأخراجها مع صلب جوانب الحفر و التخلص كذلك من المياه الأرضية .

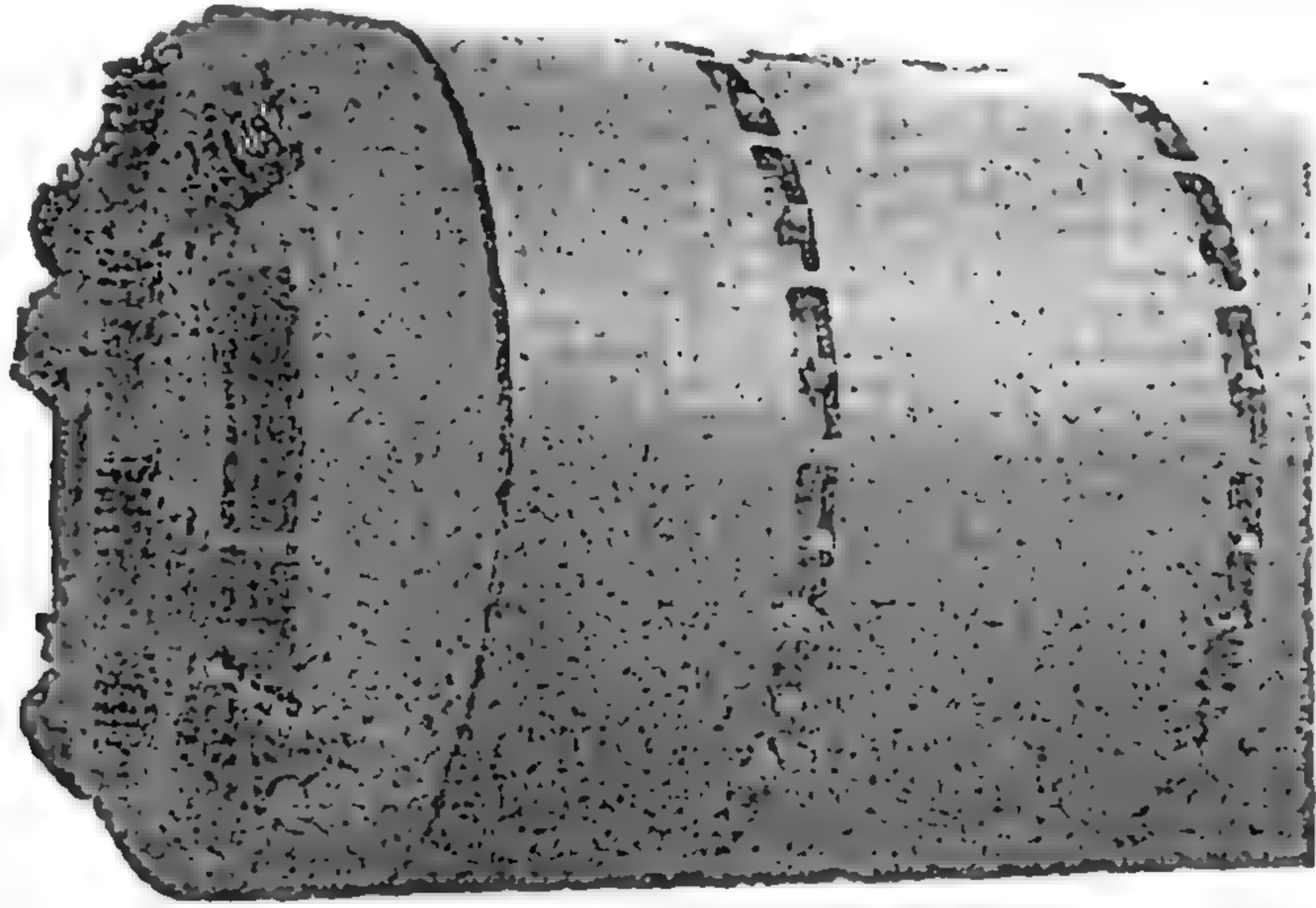
أنشاء الأنفاق الصغيرة في الصخور :

صممت هذه المعدة للأنفاق الصخرية ولها القدرة علي اختراق الصخور الشديدة بواسطة الألواح القاطعة والعجلات المركبة علي مقدمة المعدة . وهي مجهزة للحفر في الصخر قوة ٧٠ - ٢٠٠ نيوتن / مم^٢ . هذا المدي يغطي كافة أنواع الصخور التي يمكن أن نواجهها أثناء العمل . والمعدة لها مقدمة مخروطية تساعد علي تكسير و اختراق الصخور وكذلك لها فتحات كبيرة كافية في المقدمة لاستيعاب الأحجار والصخور المتكسرة (مقاس من ١٨٠ مم - ٣٠٠ مم) . تعمل المعدة في حالة وجود مياه أرضية من عدمه - شكل (١١) .

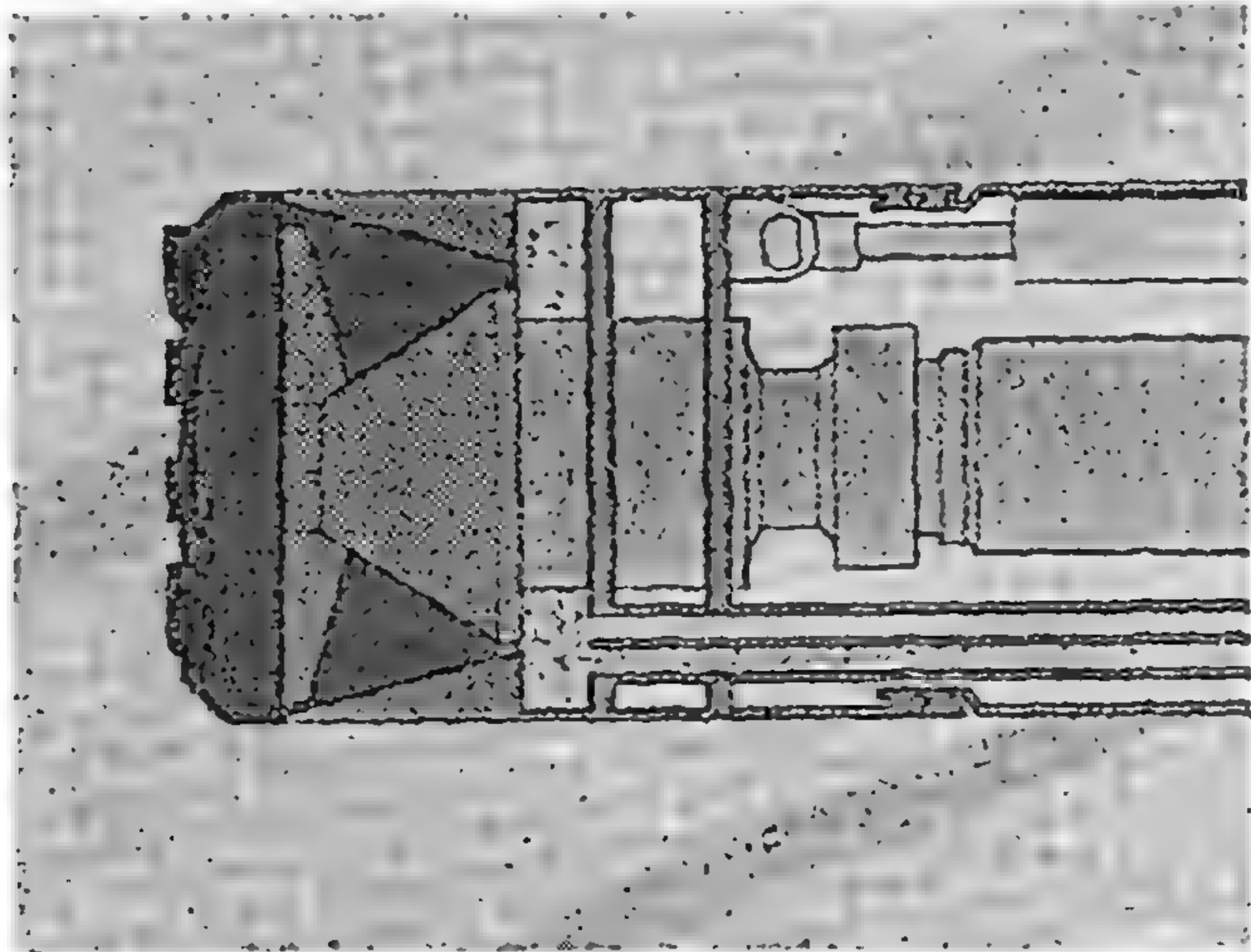
أقل عمق للعمل = ٢ متر .

أقصى عمق = ٣٠ متر .

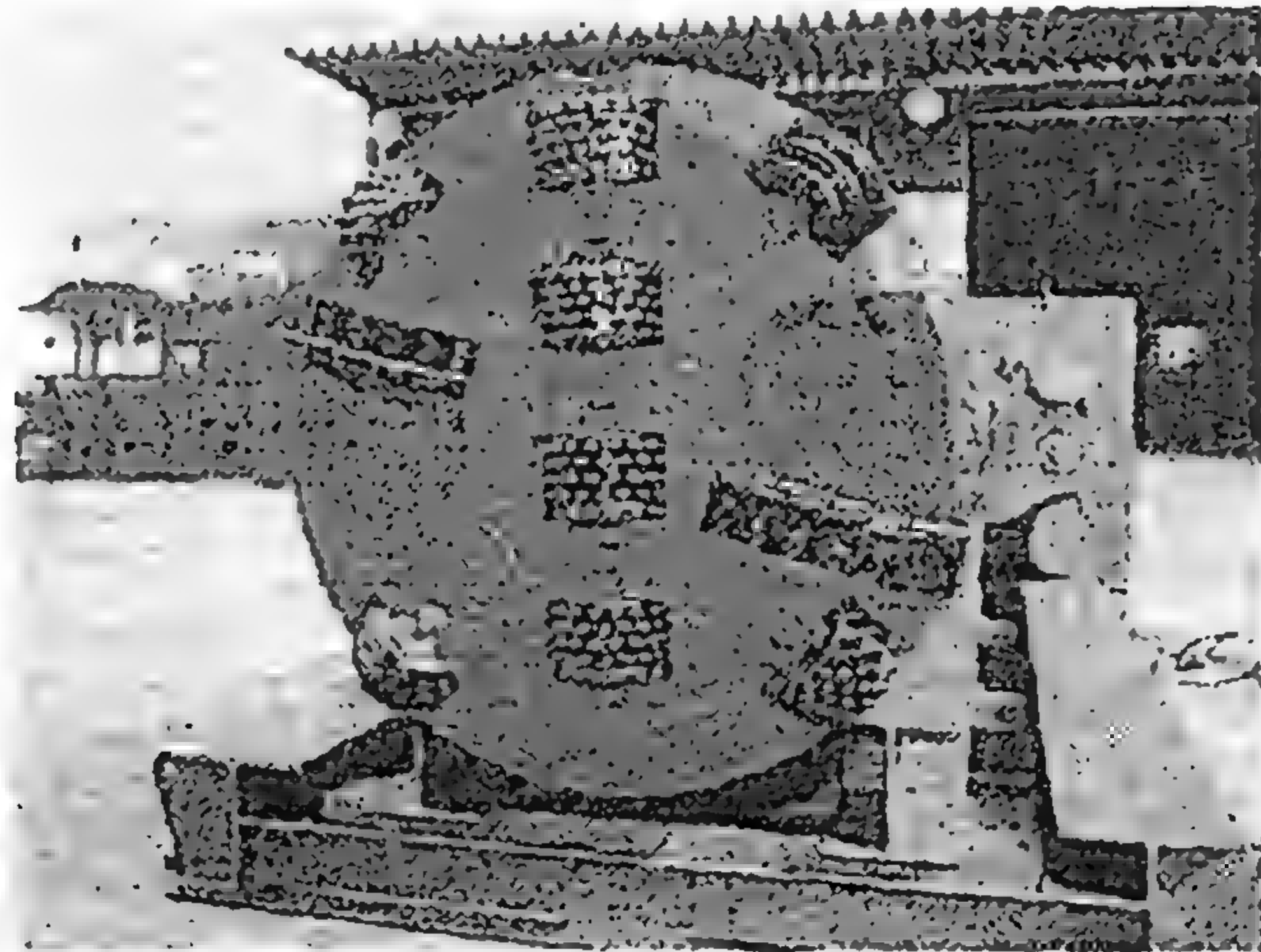
أقصى ارتفاع للمياه الأرضية = ٣٠ متر .



شكل (١١) معدة أختراق التربة الشديدة التماسك و الصخور



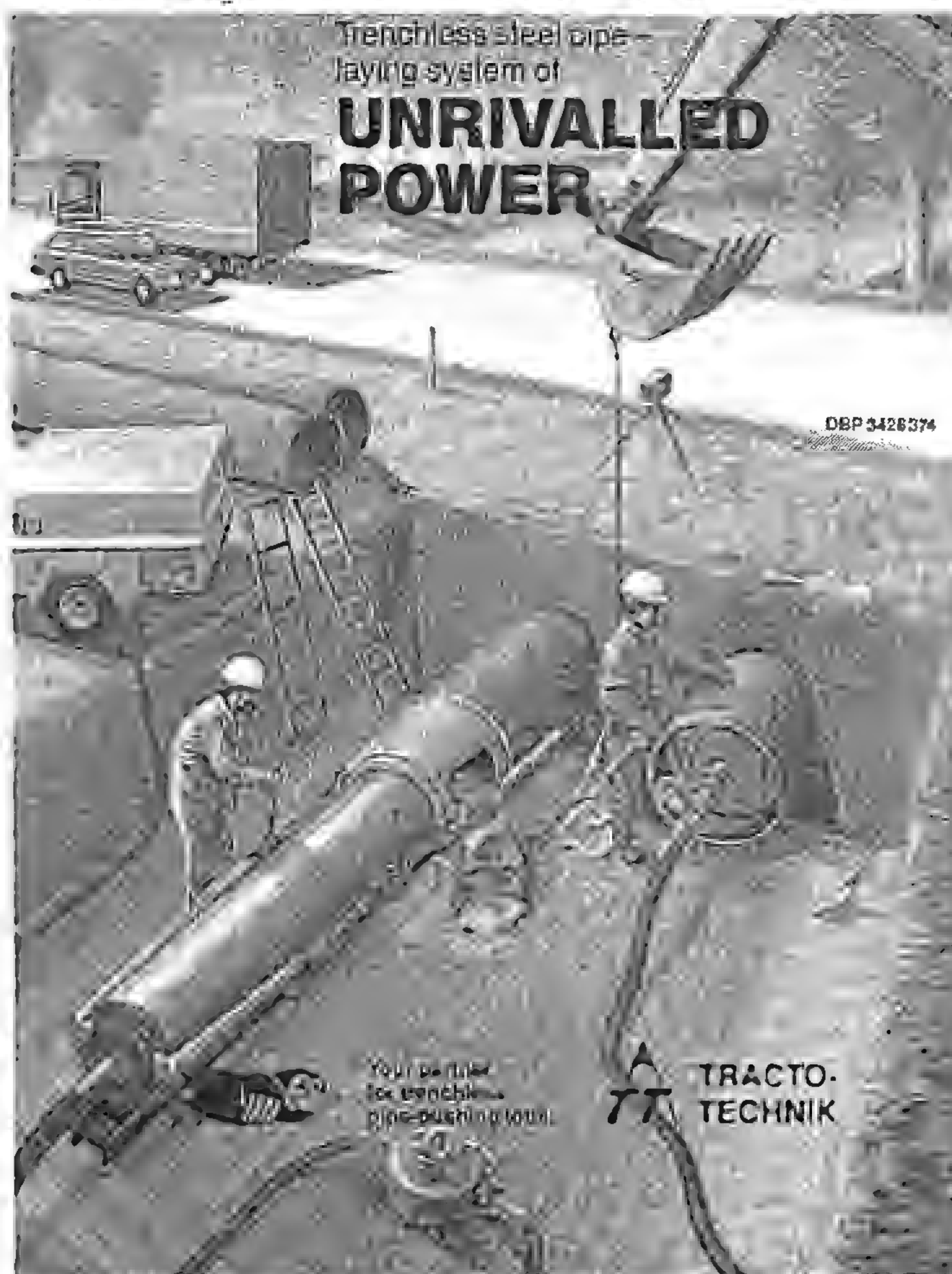
معدة العمل في التربة الشديدة التماسك أو الصخر



تابع شكل (١١) معدة العمل في التربة الشديدة التماسك أو الصخر

أنشاء الأنفاق بطريقة الطرق الهوائي :

يستخدم هذا النوع من معدات الأنفاق لتعديت أسفل السكك الحديدية و الطرق و كقواريف Sleeve لخطوط الغاز و المياه و الصرف الصحي و الكابلات - شكل (١٢).



شكل (١٢)

مخطط يبين طريقة عمل الشاكوش

تتلخص الطريقة في دفع ماسورة حديدية بشاكوش يعمل بضغط الهواء في الاتجاه الأفقي و بالميل المطلوب .

و ينصح باستخدام النفق كقواريف فقط حيث أنه من المتوقع تآكل الماسورة بفعل الصدأ أو مياه الصرف الصحي بالإضافة الي ضرورة حقن الفراغ بين جسم القاروغ و الماسورة الأصلية بمونة الأسمنت و الرمل .

الإنشاءات المتميزة إنشاء الإنفاق

و أقصى قطر أمكن الوصول اليه باستخدام هذه التقنية هو ٢٠٠٠ مم و الأطوال في حدود ٦٠ م . ط تبعاً لقطر النفق.

وصف الماسورة :

تصنع الماسورة من الصلب ويكون سمك البدن حسب الجدول التالي :

سمك بدن الماسورة (مم)		قطر الماسورة (مم)
طول النفق حتي ٢٠ متر	طول النفق حتي ٣٠ متر	
٧,١	٦,٣	١٥٠
		٢٠٠
		٢٥٠
		٣٠٠
٨	٧,١	٤٠٠
١٠	٨	٥٠٠
	٨,٨	٦٠٠
	١٠	٧٠٠
		٨٠٠
١٢	١٢	٩٠٠
		١٠٠٠
١٥	١٥	١٢٠٠
١٦	١٦	١٣٠٠
١٨	١٨	١٤٠٠

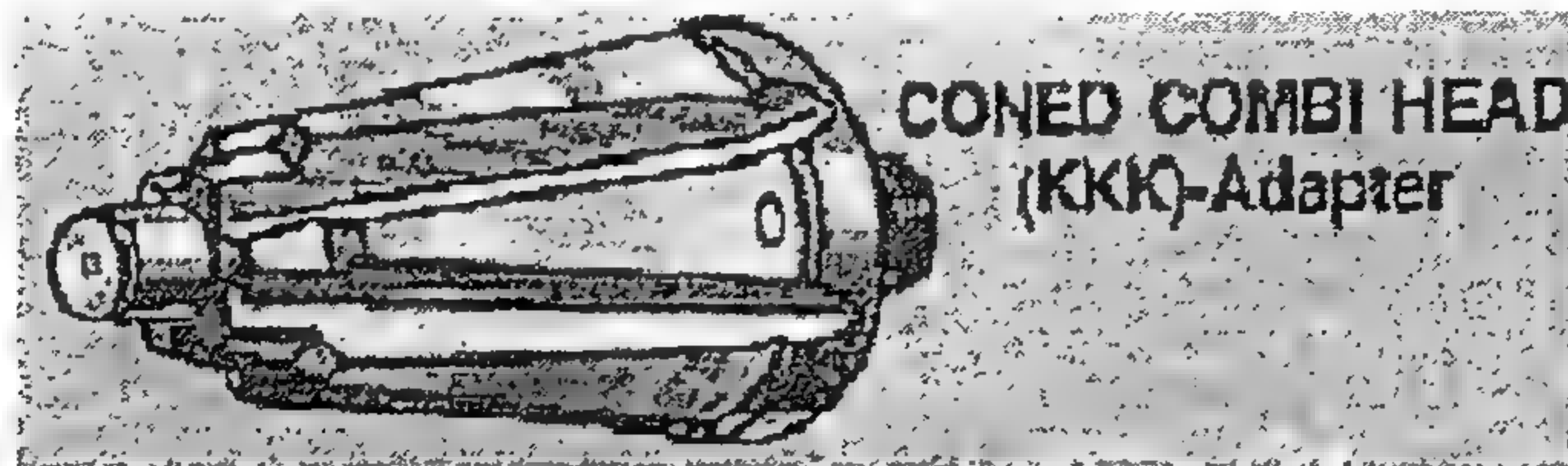
مكونات الشاكوش :

يتكون الشاكوش من خمسة أجزاء رئيسية :

١ - جسم الشاكوش: Body

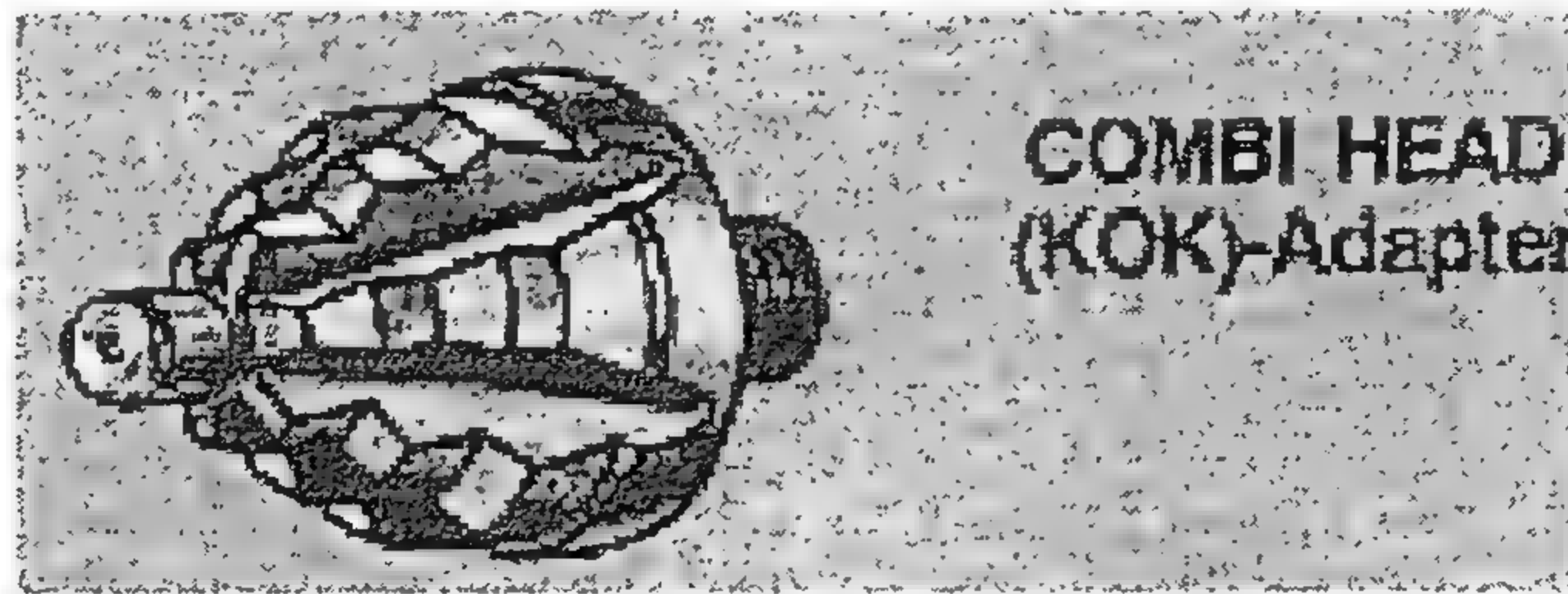
٢ - رأس الشاكوش: Head Adaptor و هي نوعان:

النوع الأول : يستخدم في الأرض المدموكة و المتجانسة و الأرض الرملية و هو علي شكل مخروط - شكل (١٣)



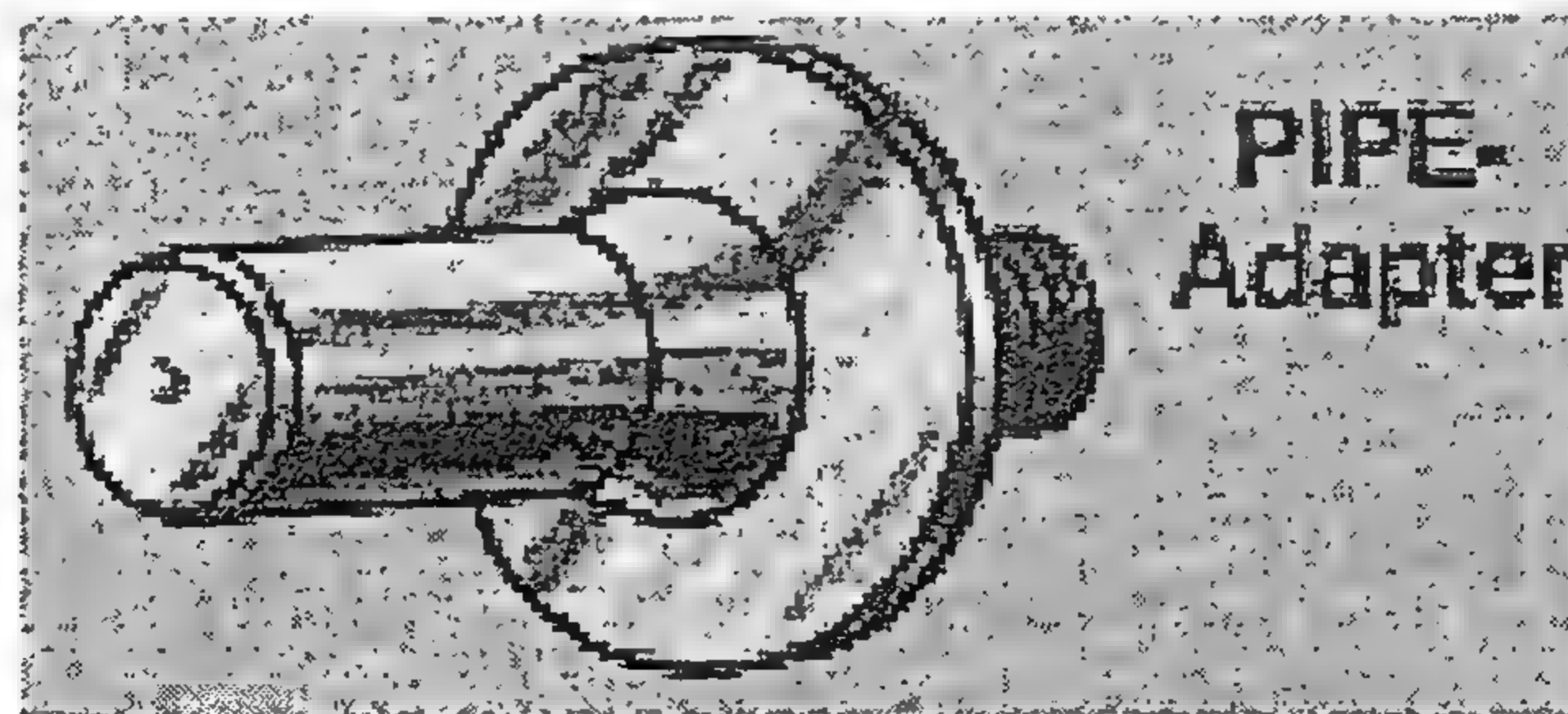
شكل (١٣) النوع الأول من رأس الشاكوش

النوع الثاني : يستخدم في الأرض غير المتجانسة و هو أقل في الارتفاع من النوع الأول - شكل (١٤) .



شكل (١٤) النوع الثاني من رأس الشاكوش

توجد مهمات أخرى مثل الجزء الدافع للماسورة في حالة صغر قطر الماسورة عن قطر الشاكوش - شكل (١٥) .

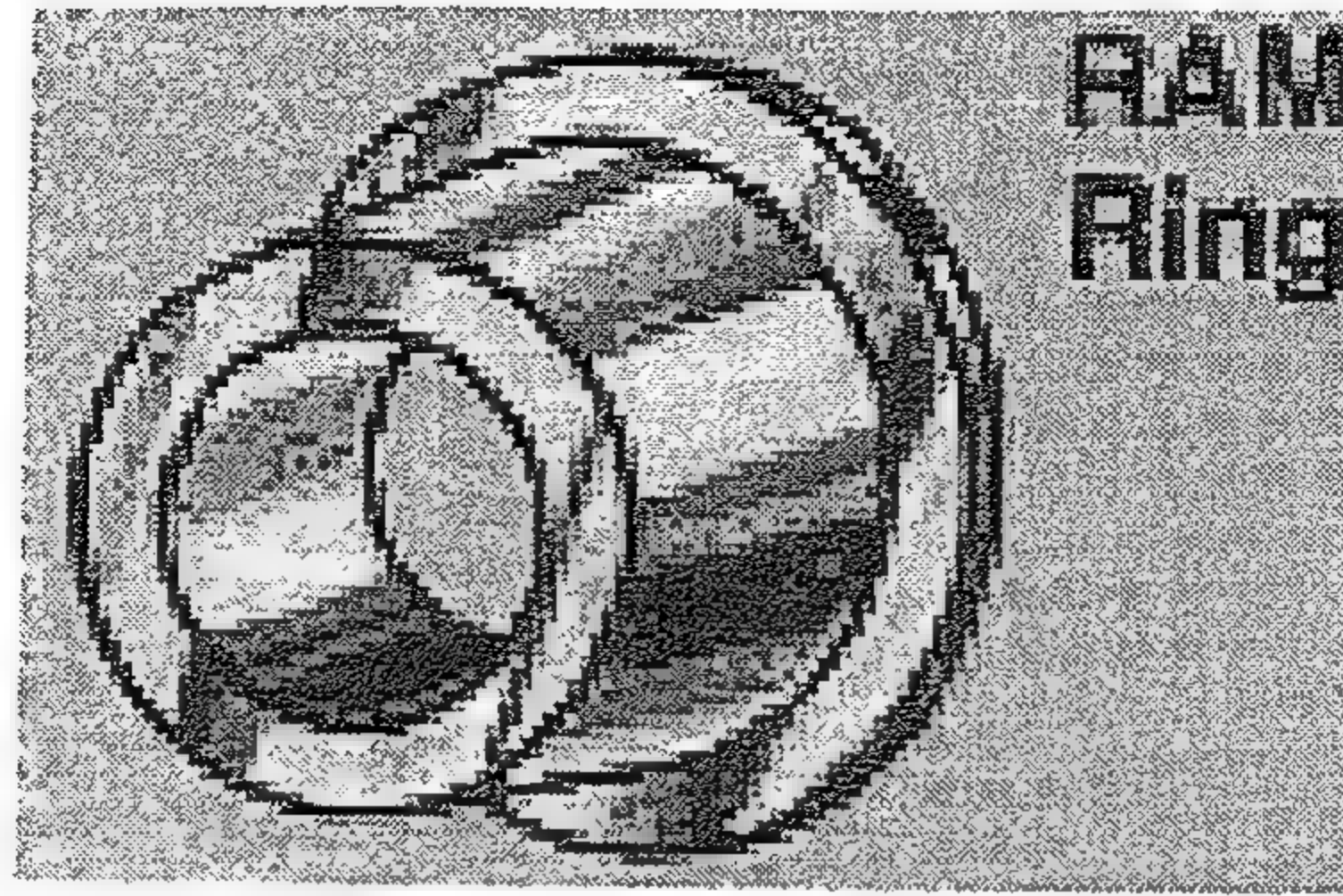


شكل (١٥) دافع الماسورة - قطر الماسورة أقل من قطر الشاكوش

الجزء الآخر يستخدم في دفع للمواسير الأكبر من قطر الشاكوش - شكل (١٦).

٣ - مكبس التحكم: Control Piston و يتحكم في دخول الهواء المضغوط و عكس حركه الشاكوش.

- ٤ - المكبس الرئيسي : Main Piston و هو مكبس الدفع الرئيسي للشاكوش.
- ٥ - غطاء نهاية الشاكوش End Cap : يتصل بقاعدة الشاكوش كما يتصل به حبل الشد.



شكل (١٦) دافع الماسورة - قطر الماسورة أكبر من قطر الشاكوش

نظرية العمل Function :

المعدة عبارة عن شاكوش يعمل بالهواء المضغوط عند ضغط ٦ - ٧ ض . ج حيث يقوم الهواء المضغوط بتحريك و دفع المكبس الرئيسي للأمام و بالتالي دفع الشاكوش الي داخل الأرض . يستخدم ضاغط هواء مناسب لإنتاج الهواء المطلوب و الضغط المطلوب .

و عند استخدام ضغط أقل - يحدث فقد في قدرة الشاكوش - فمثلا عند استخدام ضغط ٥ ض . ج يصل الفقد في قدرة الشاكوش الي ٥٠% - أيضا في حالة زيادة الضغط عما ذكر ، فإنه يتسبب في تلف الشاكوش.

طبيعة التربة :

يصلح هذا النوع في حالة أن قطر جزيئات التربة أكبر من ١٠/١ مم كما لا يستخدم في حالة التربة الصخرية . و يعتمد معدل أختراق التربة علي طبيعتها و كفاءة رأس الشاكوش . فمعدات الحفر مصممة علي أساس وجود احتكاك بين جسم الشاكوش و حبيبات التربة . و في حالة الأرض الطينية أو المشبعة بالماء - فلا يتوفر الشرط السابق و لا يتوفر الاحتكاك و لهذا تستخدم طريقة الدفع الخلفي للماسورة Instant Pipe Pushing و ذلك بقيام الشاكوش بدفع الماسورة أمامه . تلاحظ النقاط التالية :

- ١ - أقل عمق للحفر يساوي ١٠ مرات قطر الشاكوش علي الأقل.
- ٢ - طول الحفر من ٥ - ٣٠ متر و يمكن زياده الطول مع خبره التشغيل و ملائمه ظروف الأرض.
- ٣ - في حالة دفع المواسير الصلب Pipe Ramming تكون طبيعة الأرض هي العامل المؤثر في مسافة الحفر - ففي الأرض الرملية يمكن أن تزيد مسافة الحفر عن ٥٠ متر.

أعداد الموقع :

تنشأ حفرة البداية بأبعاد مناسبة لطول الشاكوش + طول الماسورة المستخدمه + ١ متر و ذلك للسماح بعملية لحام الماسورة التالية و تركيب الشاكوش . يمكن حساب عرض الحفرة بحيث يسمح بالتنفيذ بسهولة و كذلك اختيار طريقة صلب جوانب الحفر و طريقه التخلص من مياه الرشح .

تنشأ حفرة النهاية آخر النفق و تكون بطول يساوي طول الشاكوش + ١ متر و بعرض كاف لأمكان فك المعدة بسهولة

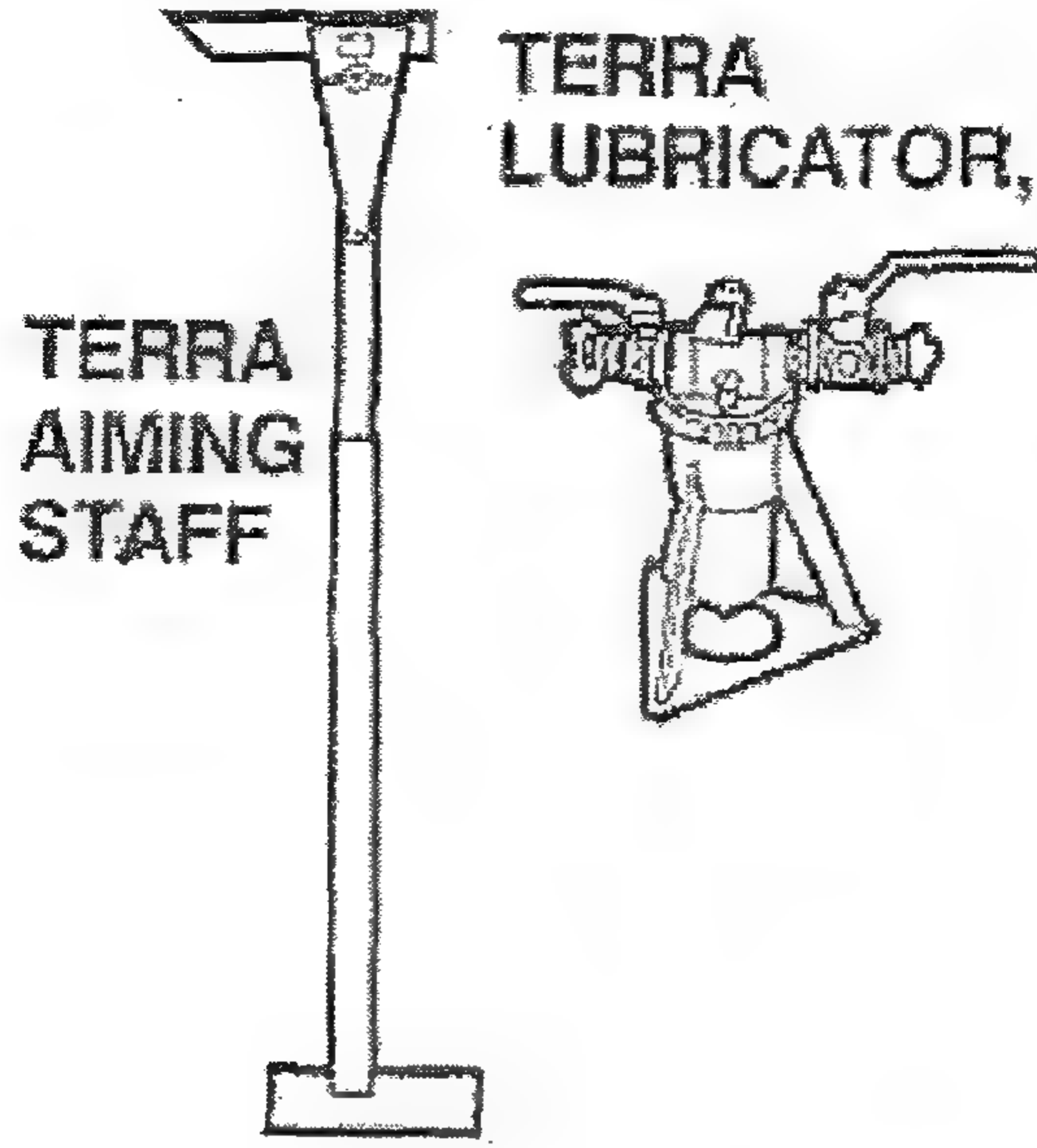
الأجهزة المساعدة :

١ - جهاز ضبط الاتجاه :

ووظيفته الضبط السليم لأتجاه و ميل الشاكوش و بالتالي خط المواسير - شكل (١٧) . و هو عبارة عن قائم معدني مثبت به تليسكوب في نهايته مع تدريج . يتم ضبط هذا التليسكوب في محور النفق و يضبط علي الميل المناسب . يتم استقبال شعاع النظر في نهاية النفق بواسطة شاخص يكون علي محور النفق تماما.

٢ - المشحمة :

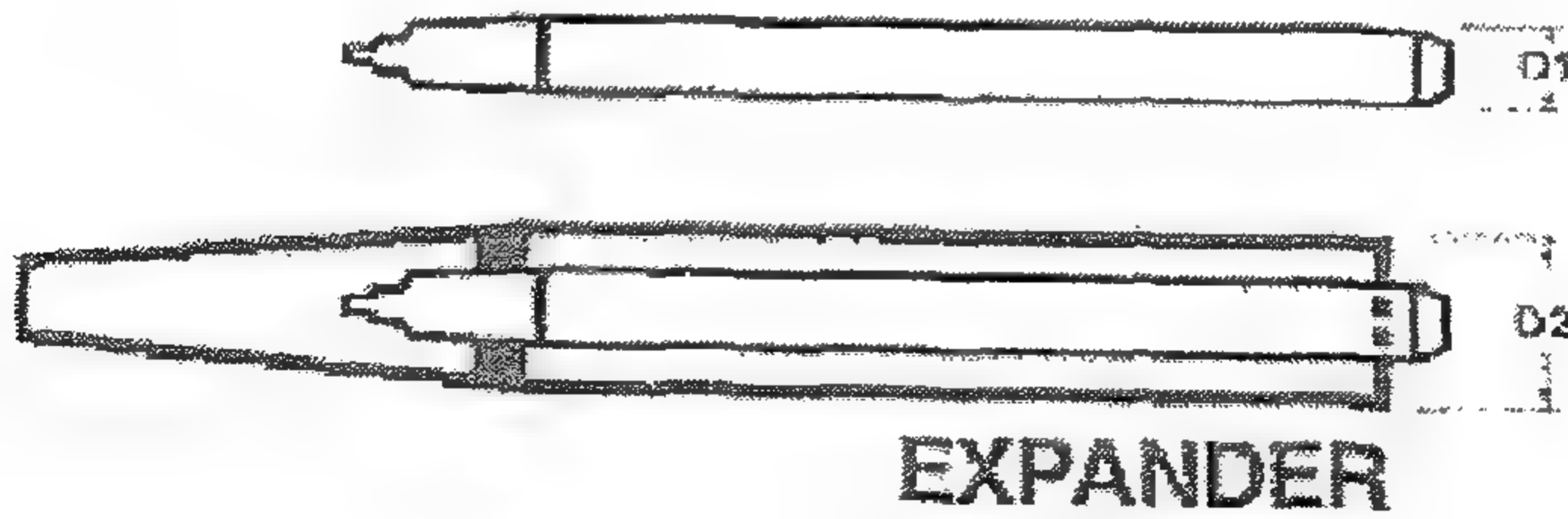
يوضع هذا الجهاز في موقع البداية - شكل (١٧) و قد تم تصميم صمام الدفع لضمان التشغيل والإيقاف اللحظي للشاكوش . و يستخدم الصمام المنظم لضبط سرعة المكبس بالتحكم في كمية الهواء الداخلة الي الشاكوش. أما وظيفته الأساسية فهي أمداد الشاكوش بالكمية الصحيحة من الشحم لمنع التجمد في درجات الحرارة المنخفضة.



شكل (١٧) جهاز ضبط الاتجاه والمشحمة

٣ - الجراب Expander :

يستخدم الجراب مع الشاكوش لزيادة قطر فتحة الحفر في الطبقات المتماسكة. و يراعي عدم استخدام هذا الجراب إذا كان معدل أختراق الشاكوش للأرض خلال الحفر الأصلي أكبر من ٤ متر/ ساعه لأن السرعات الأقل دليل علي صلابة الأرض. يلاحظ أنه لا يمكن عكس حركة الشاكوش في حالة استخدام الجراب المذكور حتي لا ينفصل الشاكوش و يترك الجراب داخل الأرض - شكل (١٨) .



شكل (١٨) الجراب

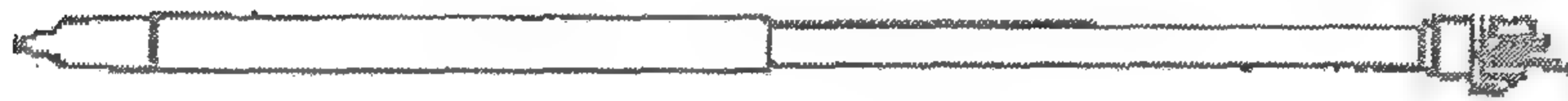
٤ - الجزء القاطع Cutting Shoe :

و هو جزء مخروطي الشكل - قطره الخارجي أكبر قليلا عن قطر الماسورة - يركب في مقدمة الماسورة لحمايتها أثناء الدق و هو مزود بماسورة حقن داخلية لدفع مواد الشحم علي بدن الماسورة الخارجية لتسهيل عملية الأختراق .

٥ - السحب اللحظي للمواسير Instant Pipe Pulling :

يمكن لهذا الشاكوش سحب المواسير البولي فينيل كلورايد في نفس وقت الحفر - و الشاكوش مجهز بحبل شد يمكن إدخاله بالماسورة و تثبيته في آخرها بقفل خاص . و بذلك يقوم الشاكوش بسحب الماسورة ورائه في الحفر . بعد دخول الماسورة داخل الحفر - يتم إيقاف الشاكوش و فك حبل الشد و أطالته ثم يتم تركيب ماسورة و يتم ربطها بحبل الشد ليقوم الشاكوش بسحب الماسورتين و هكذا - شكل (١٩) . و يمكن استخدام حبل شد خفيف في المواسير حتي قطر ٧٥ مم في حين يستخدم حبل أقوى للمواسير الأكبر .

INSTANT PIPE PULLING

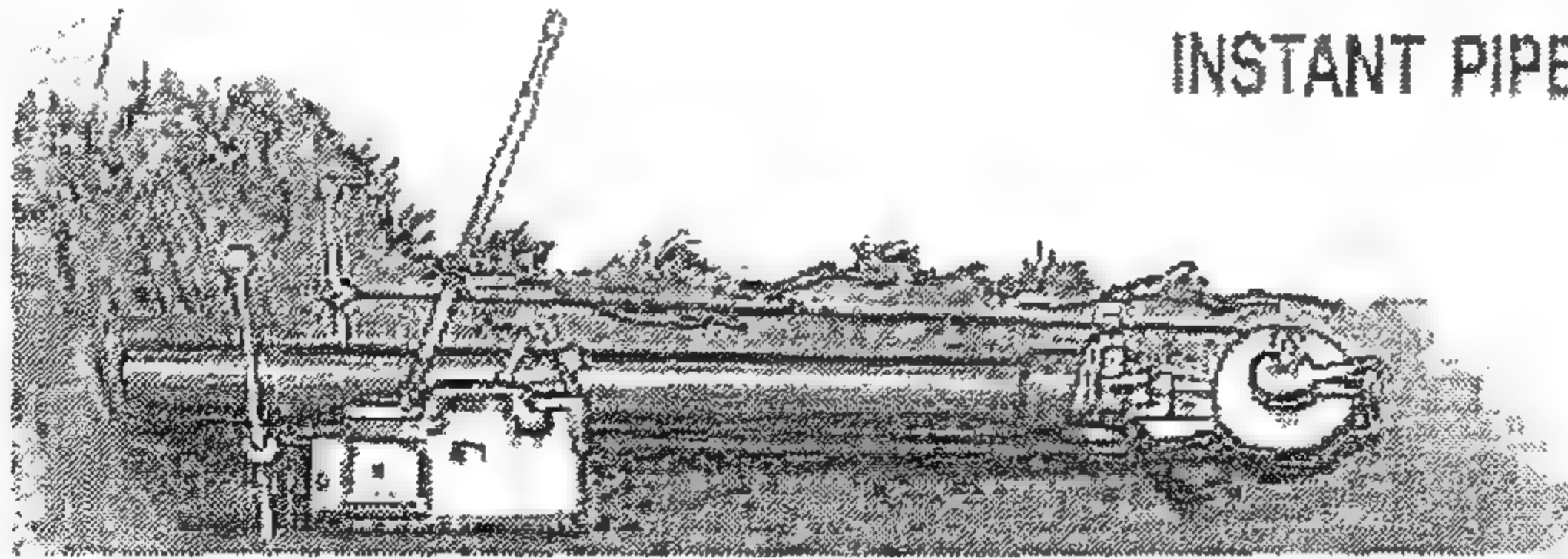


شكل (١٩) السحب اللحظي للمواسير

٦ - الدفع اللحظي للمواسير Instant Pipe Pushing :

يستخدم في الأنفاق الأطول من ١٥ متر و يزود برافعه Terfor Winch - مربوطه بأوتاد قوية في الأرض لدفعه الي الأمام و المساعدة في عملية الأختراق - شكل (٢٠) .

INSTANT PIPE PUSHING



شكل (٢٠) الدفع اللحظي للمواسير

أنواع العمليات الرئيسية :

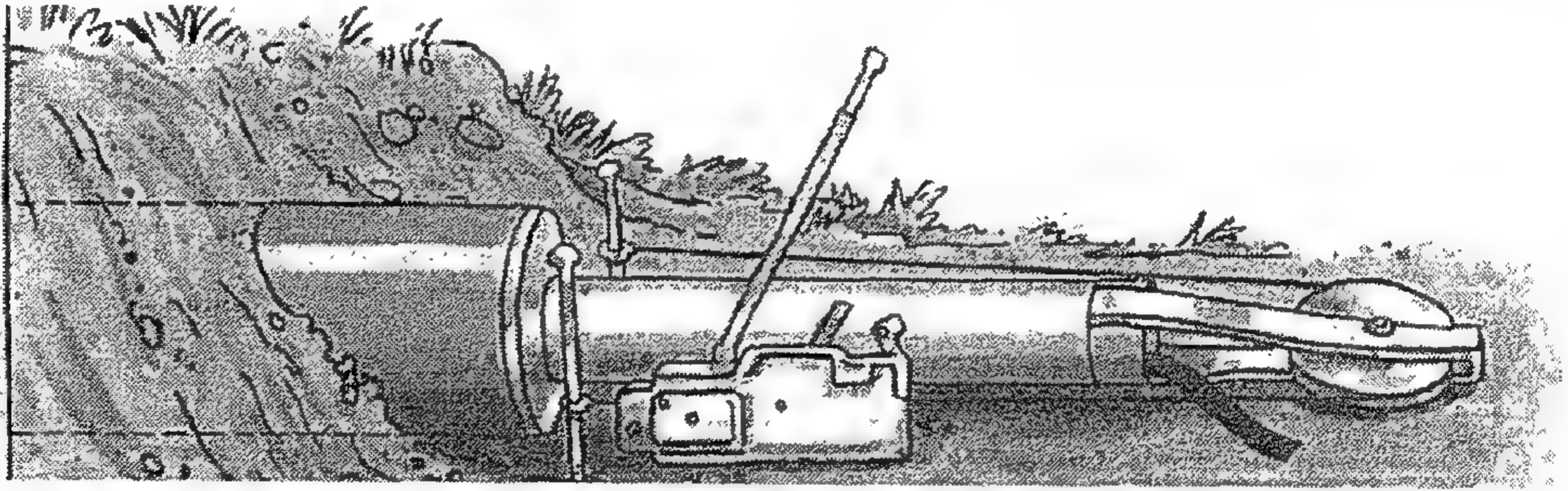
أ - الأختراق مع سحب المواسير Underground Pipe Piercing :

تتم هذه العملية باستخدام شاكوش أختراق التربة ويثبت خلفه خط المواسير المراد تمريره . يشترط أن تكون المواسير من خامه PVC أو بوليستر أو بولي إيثيلين بالأقطار التالية : ٤٠ ، ٦٠ ، ٧٥ ، ٩٠ ، ١٠٠ ، ١١٠ ، ١٢٥ ، ١٥٠ مم . أقصى

طول يمكن تنفيذه بهذه الطريقة هو ٢٥ متر للمرة الواحدة وعلي عمق من سطح الأرض لا يقل عن عشرة أمثال قطر الشاكوش المستخدم .

ب - الدق و دفع المواسير الصلب Steel Pipe Ramming :

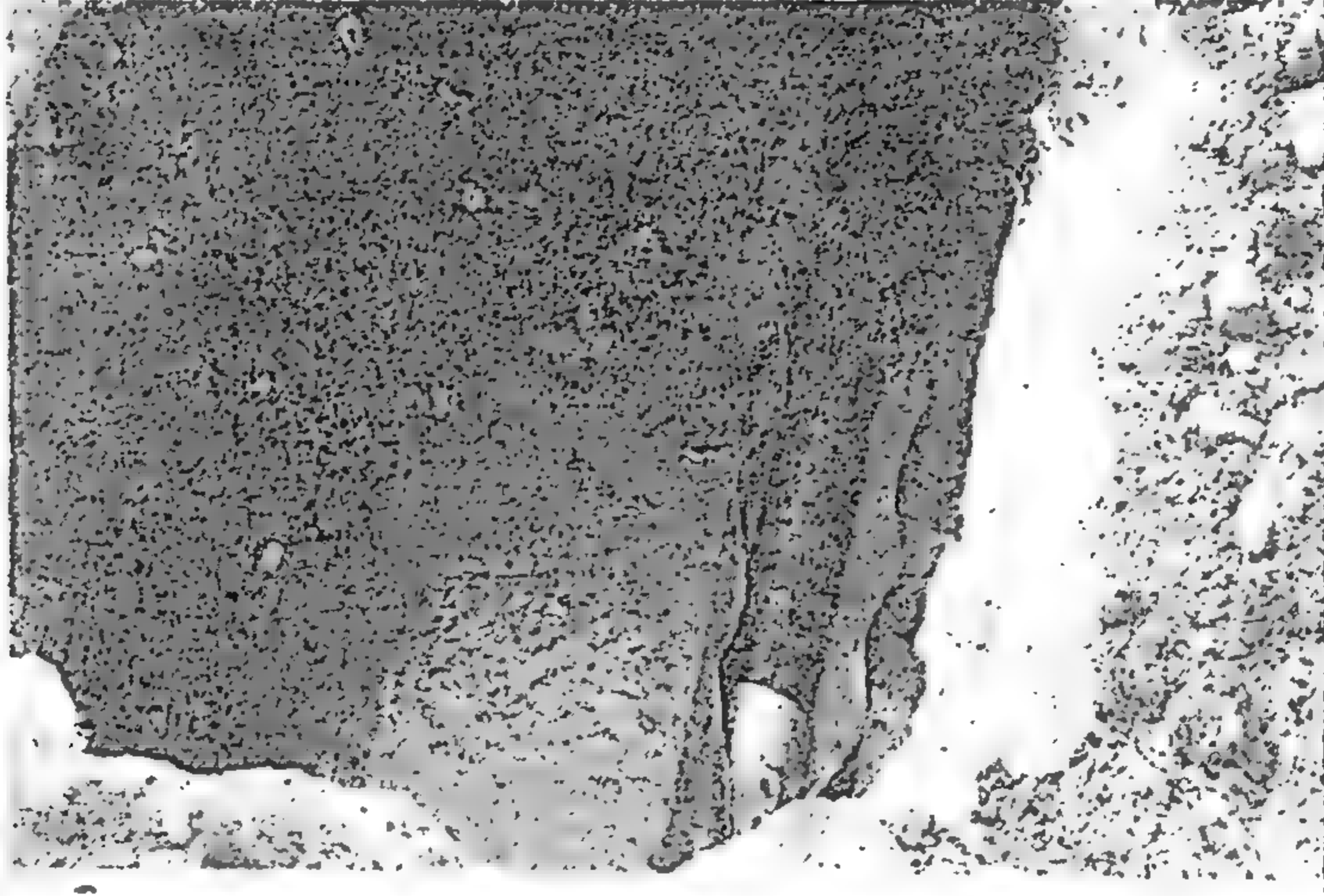
يركب الشاكوش علي أول ماسوره (الطول المناسب ٤ - ٦ متر) ، ثم يتم الضبط النهائي علي المحور و بالميل المطلوب (يمكن عمل دليل ثابت في غرفه الدفع عباره عن كمرتين متوازيتين حرف I) علي المنسوب و الميل تماما لوضع الشاكوش و المواسير (بالإضافة الي ذلك يتم تركيب الرأس القاطع لتسهيل القطع و أختراق التربة أمام الماسوره ثم يبدأ الدفع . بعد نهو دفع الماسوره الأولي - يتم فك الشاكوش ثم تلحم الماسوره الثانيه علي أن يكون محورها متطابق تماما مع الماسوره الأولي و دون اي انحراف . يتم تركيب الشاكوش علي الماسوره الثانيه و يقوم بالطرق و الدفع للماسورتين و هكذا . يمكن أزاله الأتربه من داخل المواسير بدفع الهواء أو بدفع الماء كما ذكر . تصلح هذه الطريقه للمواسير قطر ١٠ - ٣٢ بوصة - شكل (٢١) .



شكل (٢١) دفع المواسير الصلب

ج - إزالة خط مواسير موجود مع أحلال خط جديد Pipe Bursting :

يستخدم في تجديد المواسير القديمة مثل المواسير الزهر أو الفخار بين مطلقين والأحلال بمواسير جديدة . يمكن أن يكون الطول في المرة الواحدة ١٠٠ متر وبأقطار حتي ٤٠٠ مم . يتم في هذه العملية تمرير سلك من داخل الخط القديم الي الجهه الأخرى ثم ربطه برافعه شد قويه . يركب الشاكوش أول الخط و يبدأ العمل . يقوم الشاكوش بتهشيم الخط القديم و سحب و أحلال المواسير الجديدة في نفس الوقت مع قيام الرافعه بالشد أثناء عمل الشاكوش - شكل (٢٢) .



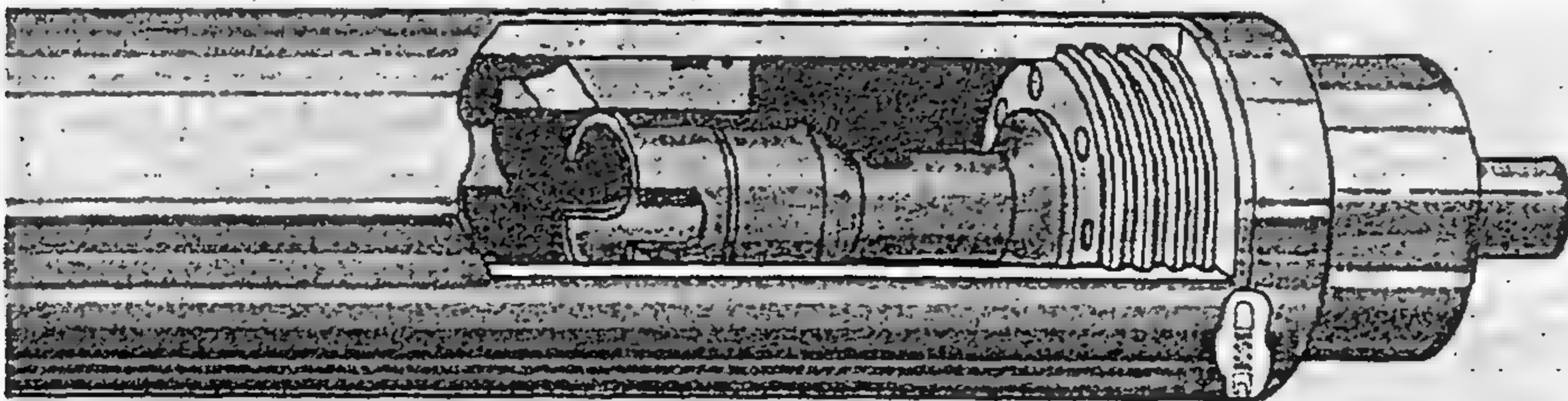
شكل (٢٢) إزالة الخط القديم مع أحلال ماسورة جديدة



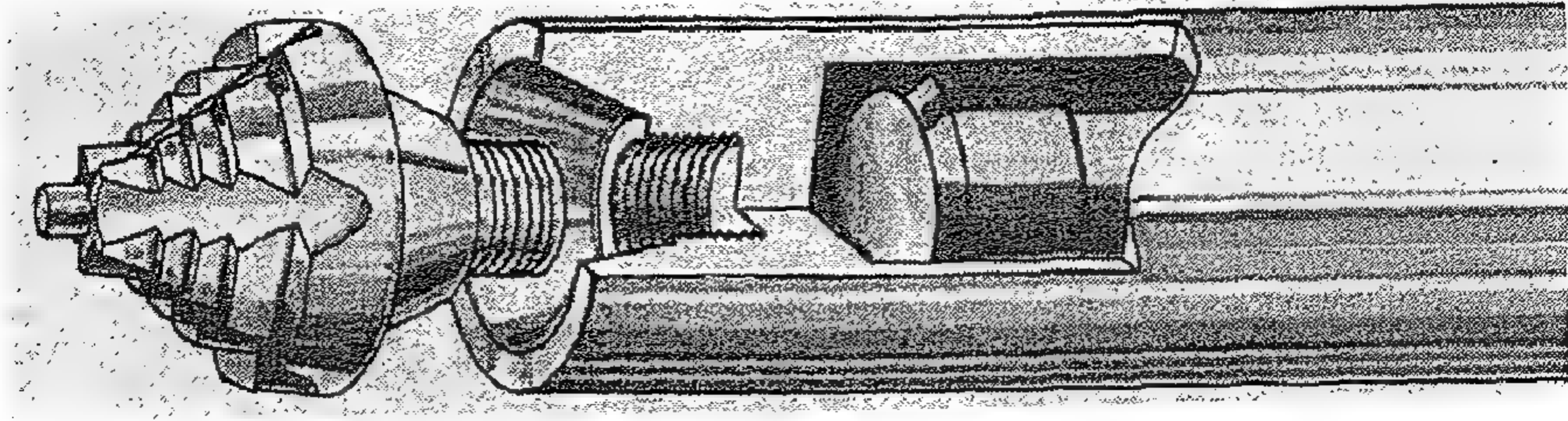
شكل (٢٢) إزالة الخط القديم مع أحلال ماسورة جديدة

تفاصيل الشاكوش :

يحتاج هذا الشاكوش الي غرفة مؤقتة صغيرة للدفع والاستقبال - شكل (٢٣) .



مؤخرة الشاكوش

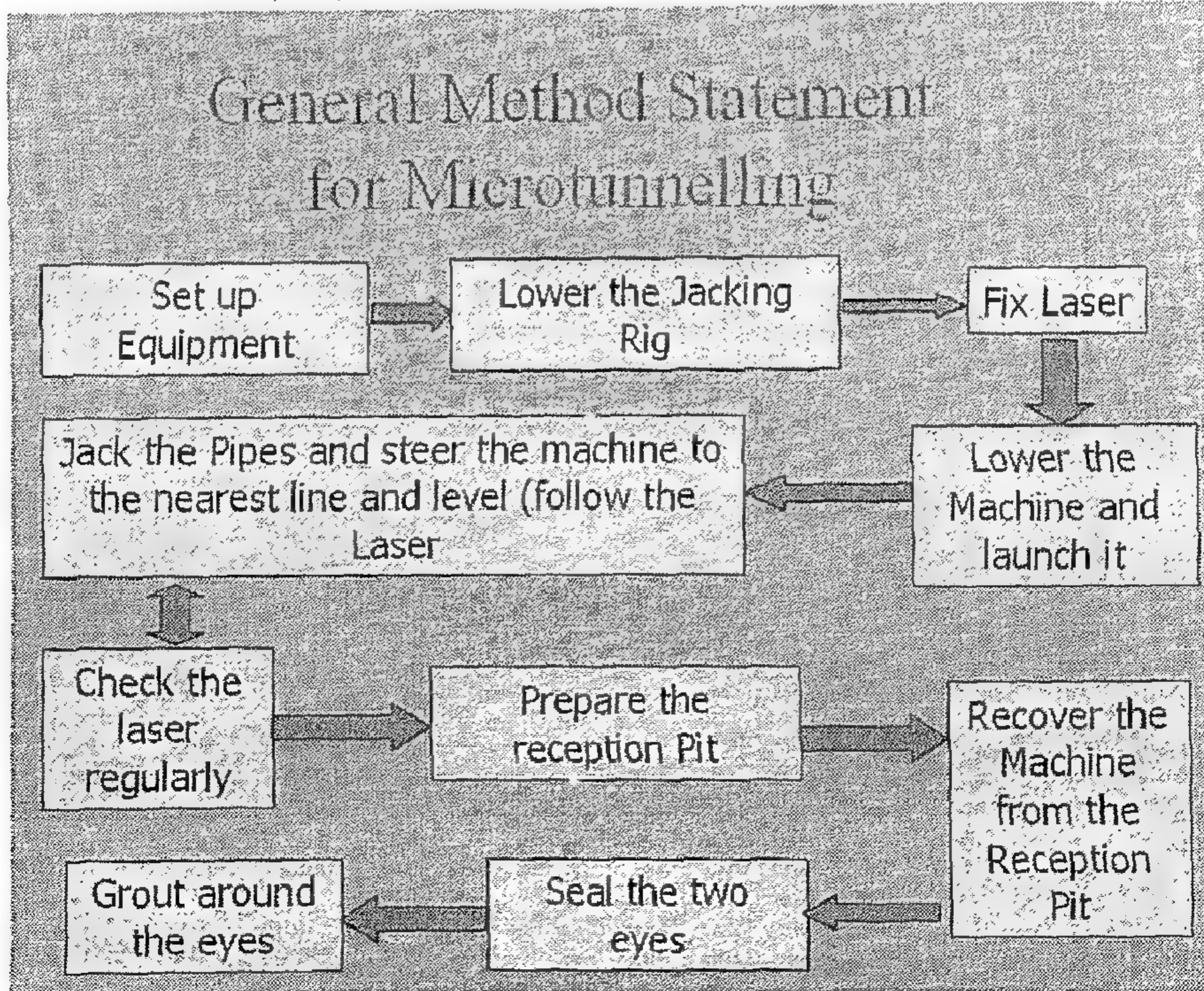


شكل (٢٣) مقدمة الشاكوش

الأنفاق ذات الأقطار الصغيرة من الخرسانة العادية :

يطلق أسم الأنفاق الصغيره علي الأنفاق ذات القطر أقل من ٣ متر . و الأنفاق ذات القطر ١ - ١,٥ متر يمكن أن تصنع قطعها الخرسانية Segments من الخرسانه العادية مع ضرورة الأهتمام بصناعة الخرسانة للحصول علي مقاومة عالية بالإضافة الي أستخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات . أما بالنسبه الي الأقطار الأكبر فيستخدم الأجزاء الخرسانية المسلحة كما سبق .

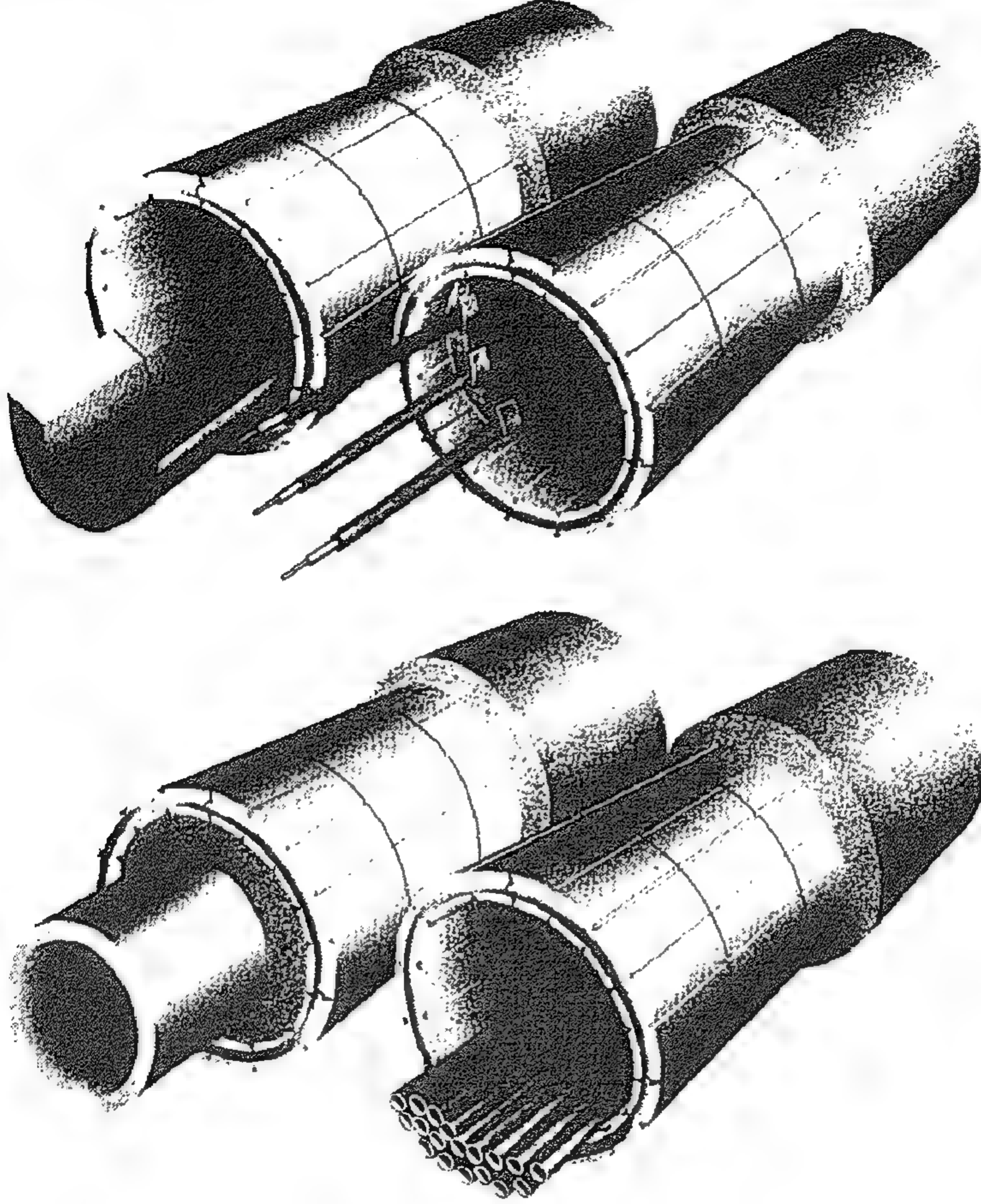
و في حالة الأطوال البسيطة (حتى طول ١,٥ كم) فإنه يمكن أستخدام ماكينة نصف آليه Simi Mechanized حيث تكون أكثر أقتصادا - شكل (٢٤) .



شكل (٢٤) طريقة تنفيذ النفق

أستخدامات النفق :

يستخدم النفق في تمرير الكابلات الكهربائية وخطوط التليفون أو المياه - شكل (٢٥) .

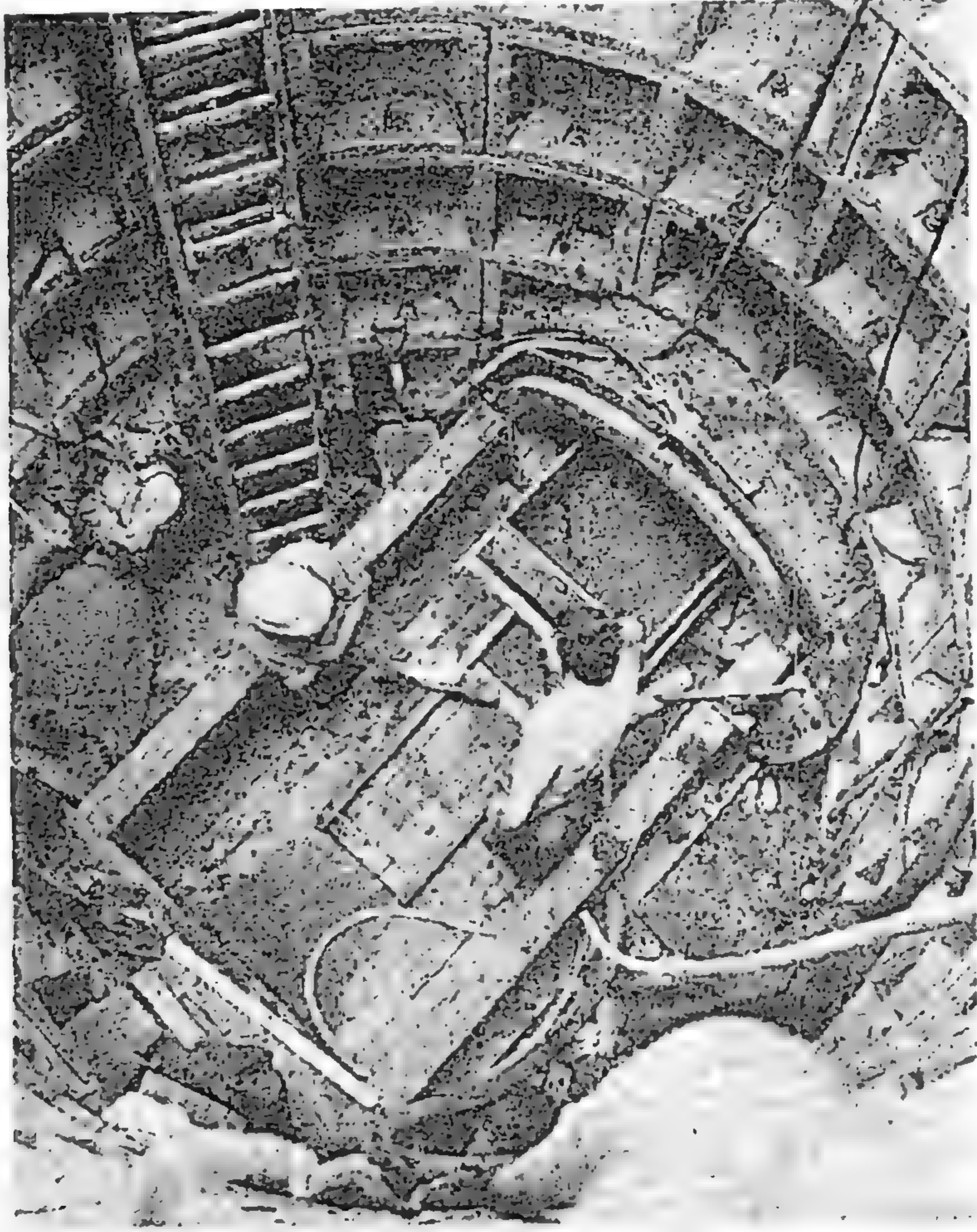


شكل (٢٥) أستخدمات النفق

مكونات النفق :

١ - غرفة التشغيل : Working Chamber

تتفد غرفه التشغيل باستخدام الستائر المعدنية أو الحلقات الخرسانية أو أي نظام لصلب جوانب الحفر . كما يمكن أن تنشأ بياره من الخرسانة المسلحة أو القطع الخرسانية سابقة الصب - شكل (٢٦) ، بقطر يناسب حجم ألمعده المستخدمة و ذلك في حالة الأستفاده من البياره مستقبلا .



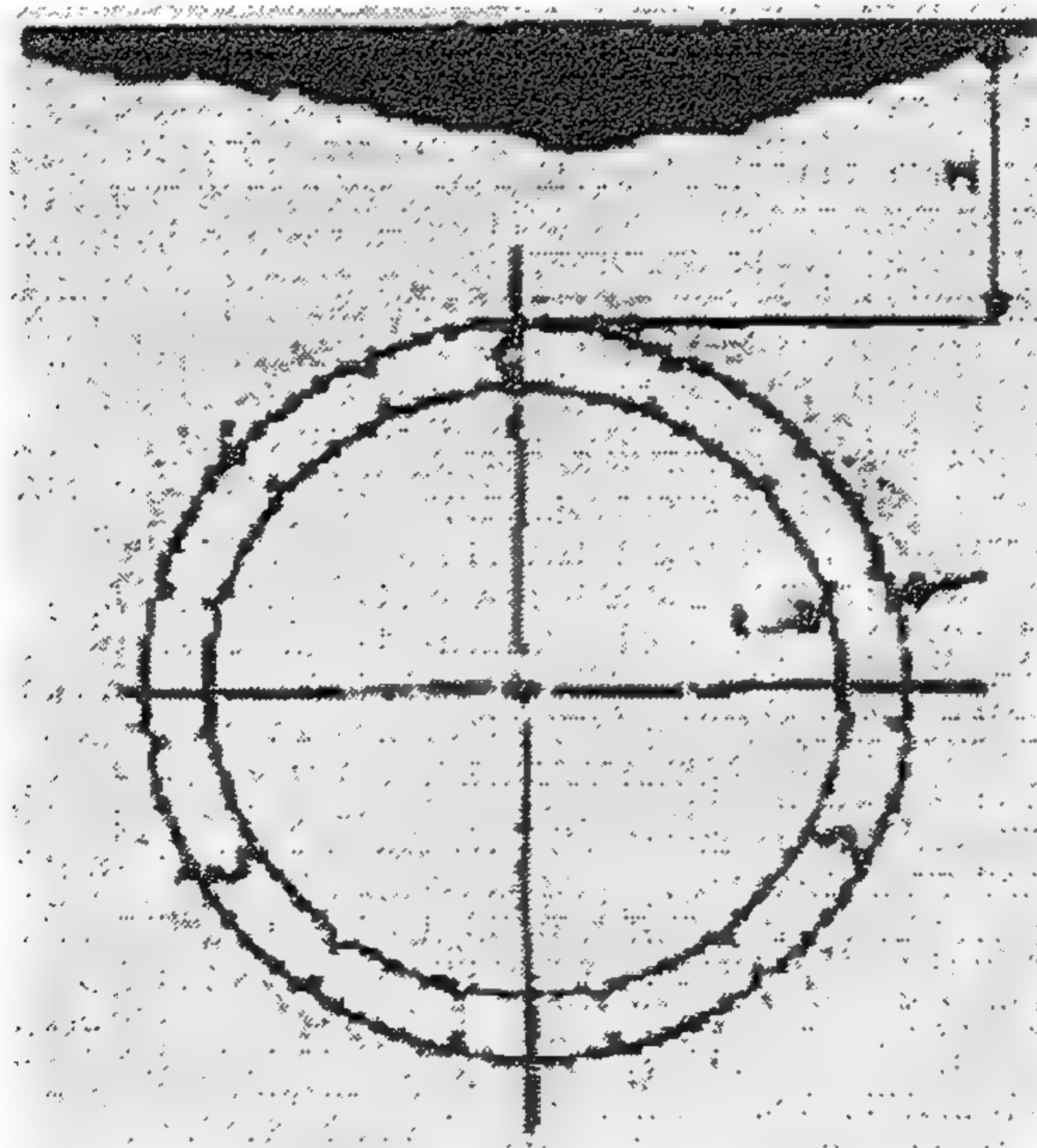
شكل (٢٦) غرفة البداية (غرفة التشغيل) منفذة بالقطع الخرسانية سابقة الصب

٢ - جسم النفق :

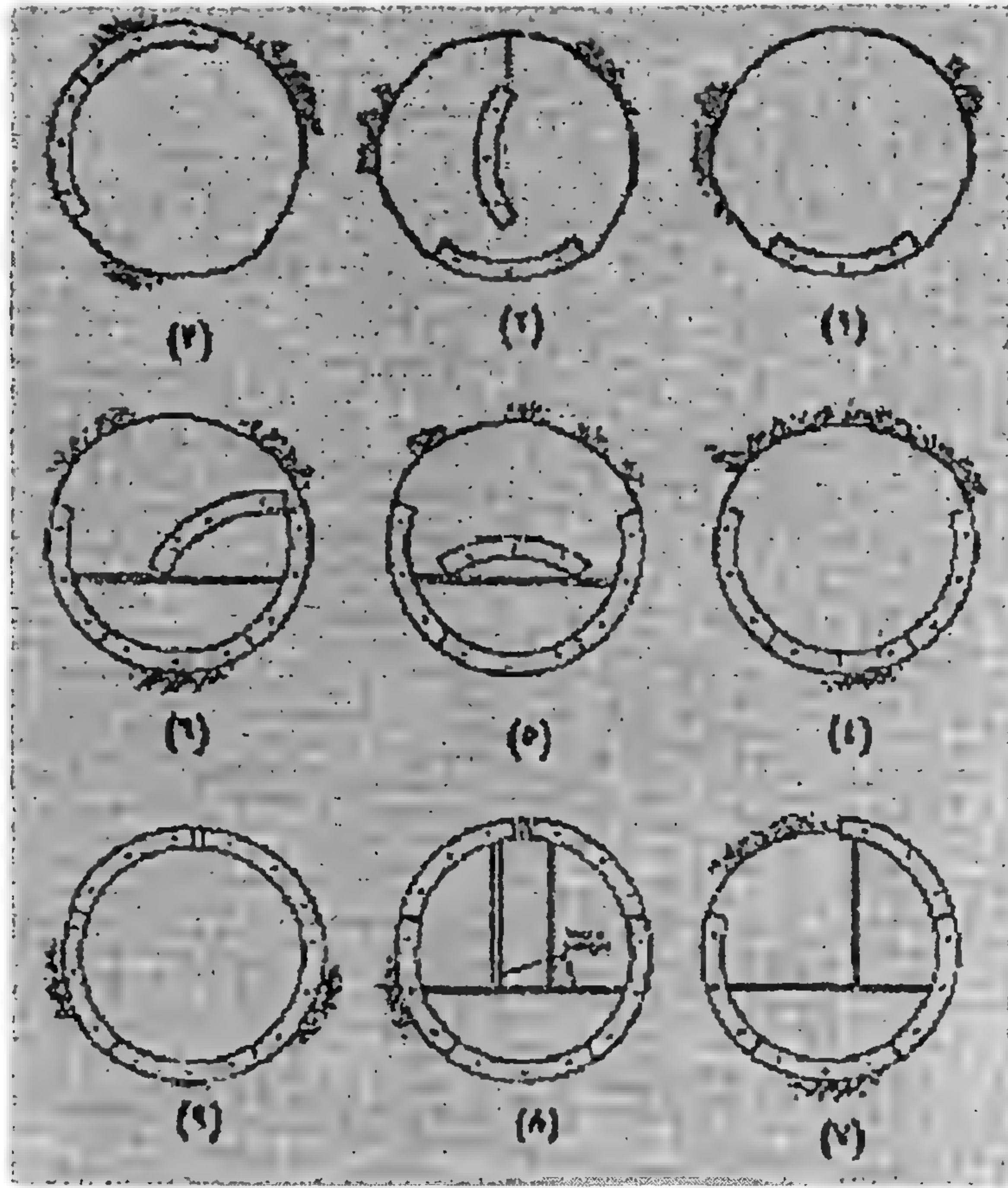
يتكون جسم النفق من أجزاء Segments من الخرسانية العادية شكل (٢٧) . يتجمع عدد من هذه الأجزاء لتكون الحلقة الدائرية - تصنع هذه الأجزاء الخرسانية بتجوييف من جانب و بروز من الجانب الآخر لأحكام ترابط الأجزاء و الحلقات . تترايط الأجزاء و الحلقات بدون مسامير و بدون حلقات مطاطية لمقاومة الرشح .



شكل (٢٧) تصنيع الأجزاء الخرسانية بالموقع باستخدام فرم معدنية عادية



النفق بعد تركيب الحلقات



شكل (٢٤) تركيب الحلقات الخرسانية العادية

مقاسات الحلقات :

أذا كان قطر النفق ١ متر	عدد الأجزاء الخرسانية ٣	سمك البدن ٦٧ مم
١,٢ متر	عدد الأجزاء الخرسانية ٣	سمك البدن ٨٠ مم
١,٣ متر	عدد الأجزاء الخرسانية ٣	سمك البدن ٨٩ مم

طول الحلقة = ٦٠ سم .

يمكن تصنيع الأجزاء الخرسانية بموقع العمل علي أن تراعي كل المواصفات الفنية في عملية التصنيع .

٣ - التبطين الداخلي :

يتم اختيار التبطين الداخلي تبعاً للغرض المطلوب من النفق ، وهو كما يلي :

١ - التبطين بالطوب الأزرق : و هذا النوع من التبطين يصلح فقط لأنفاق الصرف الصحي . تبني الكسوة من الطوب الأزرق باستخدام مونة أسمنتية مقاومة للكبريتات و علي أن تملأ العراميس بمادة مقاومة للأحماض (كما ذكر من قبل).

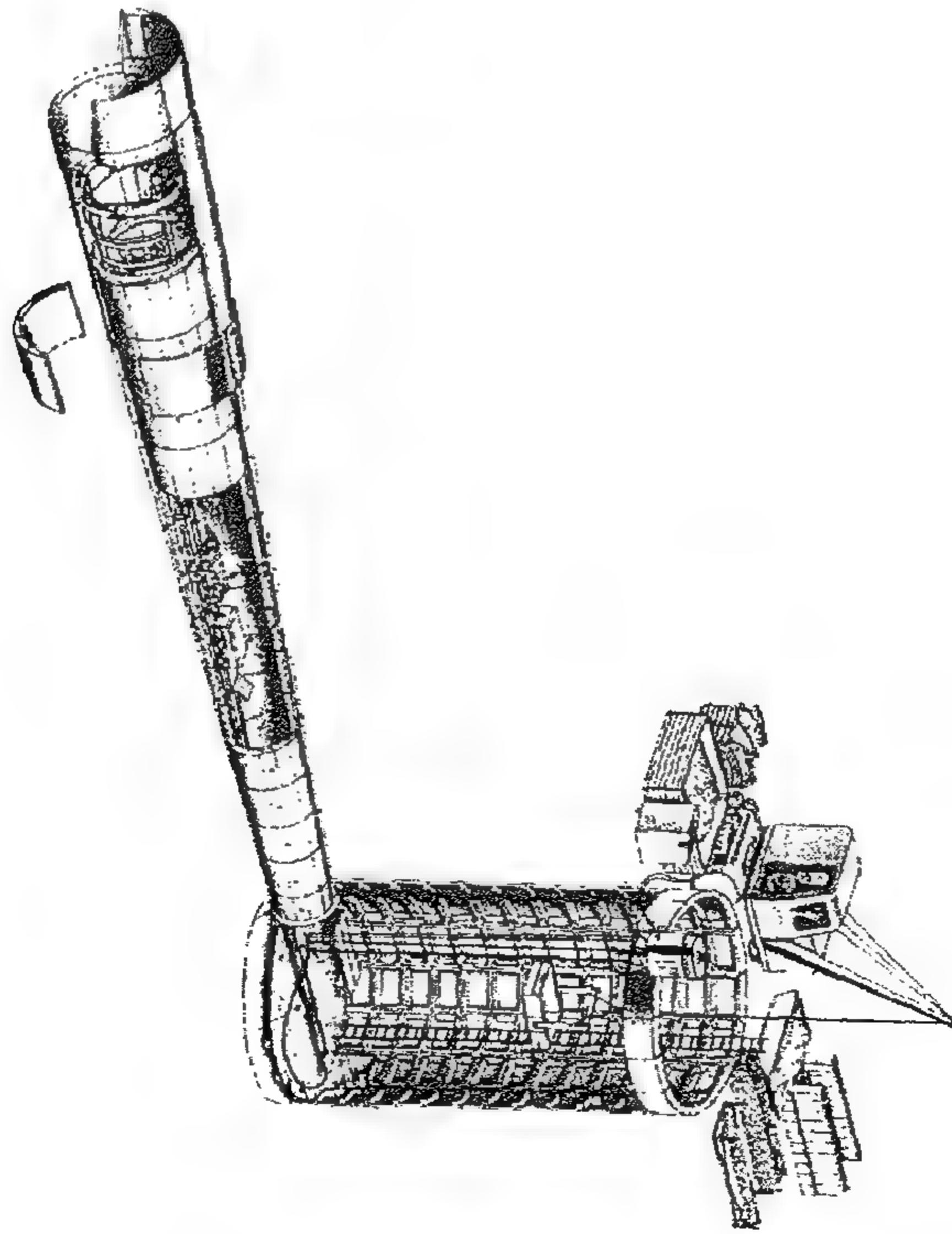
٢ - التبطين بالبلاط الفخاري (السيراميك) : و هو بلاط مصنوع من الطفلة و هو مقاوم جيد للأحماض .

٣ - التبطين بالقيشاني : و يستخدم في أنفاق الكابلات.

معدات إنشاء النفق :

١ - الدرع Shield:

و هو قاطع التربة و هو عبارة عن أسطوانة حديدية قطرها الداخلي = القطر الخارجي للنفق + ١٠ سم . مثبت داخل الدرع الروافع الهيدروليكية - كما تتم عملية الحفر و تركيب الحلقات من داخل هذا الدرع - شكل (٢٨) .



شكل (٢٨) الدرع والحفارة وجميع مشتملات معدات إنشاء النفق

٢ - الروافع الهيدروليكية Hydraulic Jacks :

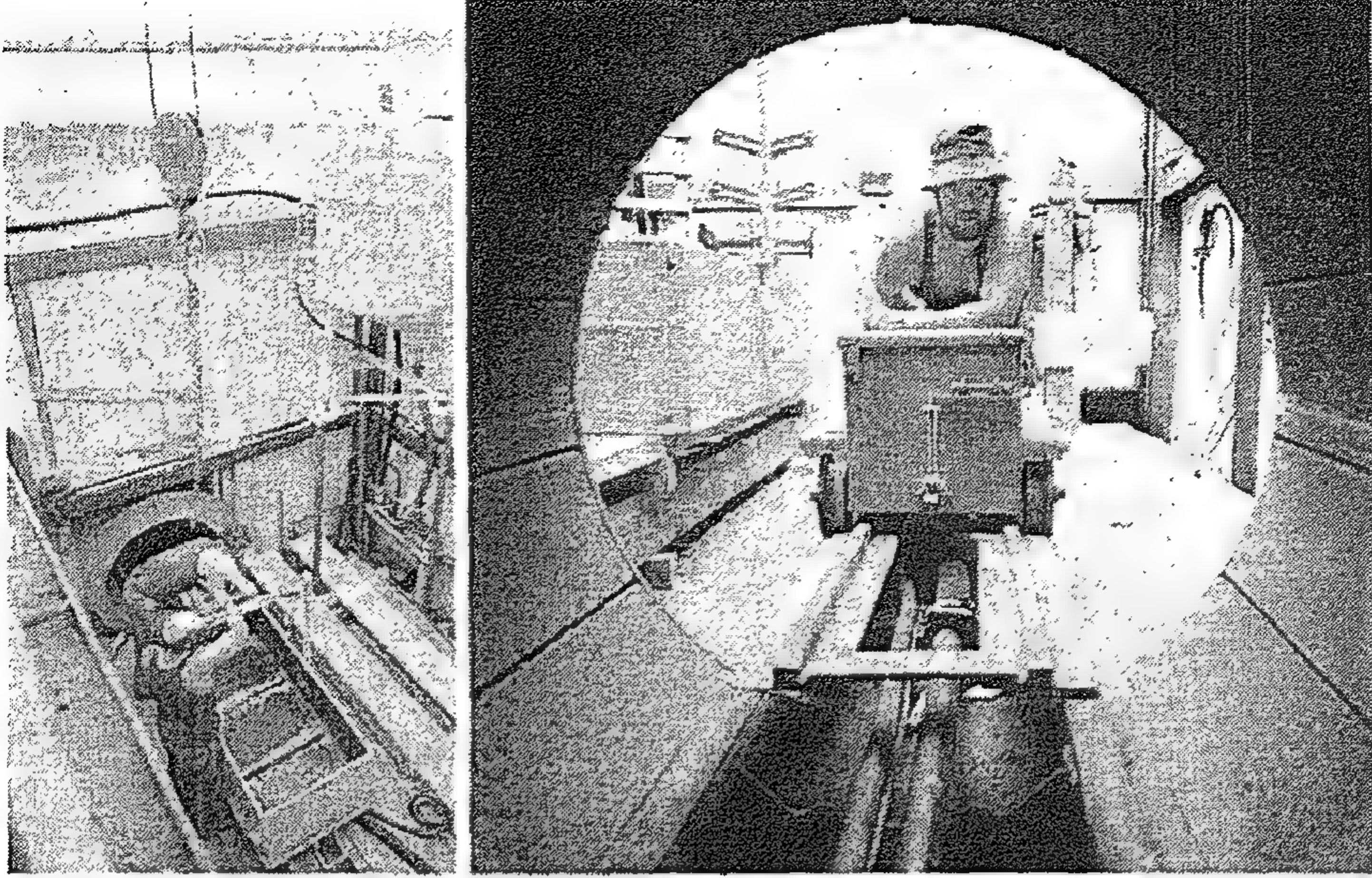
يتراوح عدد هذه الروافع من ٣ - ٦ روافع قدرة كل منها ١٢ طن و تعطي مسافة ٧٠ سم عند الانفراج . تثبت هذه الروافع في الذراع و طرفها الآخر على حلقة دائرية حديدية قوية Diaphragm التي ترتكز بدورها على آخر آخر حلقة تم تركيبها - شكل (٢٩) .



شكل (٢٩) الذراع ومقدمة الحفارة مع الروافع الهيدروليكية

٣ - عربات نقل الأتربة Muck Wagons :

تصنع هذه العربات من الحديد و تسير على قضبان من الحديد أيضا . تقوم هذه العربات بنقل الأتربة الي خارج النفق كما تنقل الأجزاء الخرسانية الي داخل النفق كما تقوم بنقل العاملين والمهمات لداخل النفق . تصمم بمقاسات تناسب قطر النفق - شكل (٣٠) .



شكل (٣٠) عربة نقل الأتربة

٤ - ماكينة الحقن :

هي عبارة عن وعاء أسطواناني محكم الغلق و يتحمل الضغوط العاليه مزود بغطاء - يتم وضع مواد الحقن (زلط مقاس ٣ مم Pea Grave) في هذا الوعاء . يمتد خرطوم قطره ٢" مزود بنهاية معدنية (ماسورة) من الوعاء الي داخل النفق الي مكان الحقن - يقوم عامل الحقن بوضع نهاية الخرطوم داخل ثقب الحقن ثم أعطاء إشارة تليفونية من داخل النفق الي عامل تشغيل الضغط في خارج النفق لتشغيل ضاغط الهواء . بعد امتلاء الفراغ خارج النفق بالزلط و عدم قبول مزيد من الحقن - تعطي الأشاره الي الخارج لأيقاف الضغط ثم ينزع الخرطوم من ثقب الحقن . تتم عملية الحقن قبل ٤ حلقات من آخر حلقة تم تركيبها علي أن يبدأ الحقن من أسفل الي أعلي .

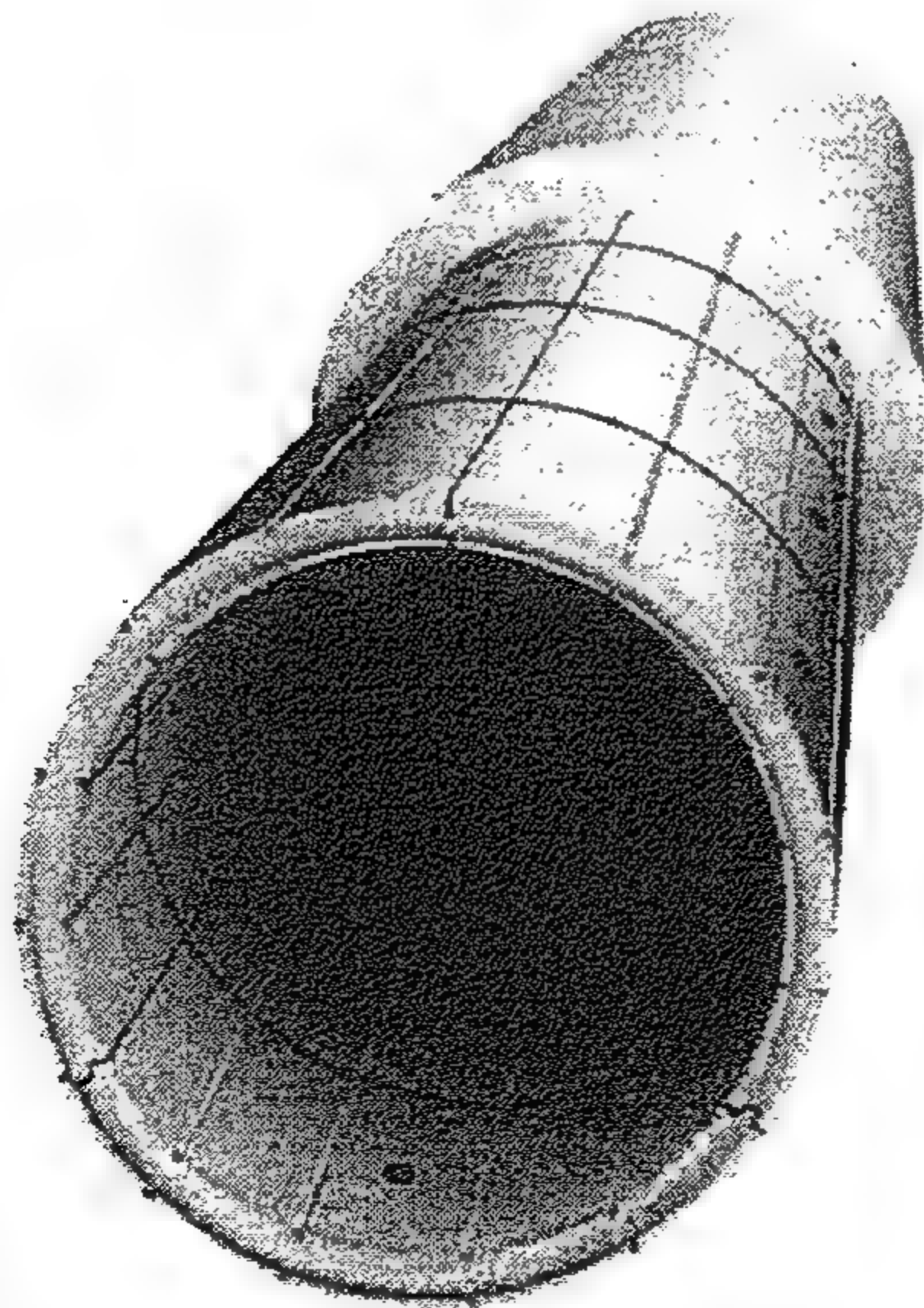
يجهز لباني أسمنت مقاوم للكبريتات ليتم حقنه بنفس طريقة حقن الزلط ليتكون غلاف من الخرسانة من الخارج بسمك حوالي ٦ سم ويملاً الفراغ و يزيد من قوه النفق بالإضافة الي مقاومة مياه الرشح - شكل (٣١) .



شكل (٣١) حقن جسم النفق الخارجي

٥ - آلة السحب الكهربائية :

ووظيفتها سحب عربات الأتربة من داخل النفق الي الخارج كما تقوم بسحب نفس العربات الي الداخل و هي محملة بالأجزاء الخرسانية . يقوم أحد العمال بتشغيلها عند إعطاء الإشارة بعد أمتلاء العربات .



شكل (٣١) طبقة الحقن و شكل الحلقات بعد حقنها

٦- الرافعة الهوائية :

تعمل هذه الرافعة بضغط الهواء و تقوم برفع الأجزاء الخرسانية و المساعدة في التركيب . و في الأنفاق الأصغر يمكن لعامل التركيب بتركيب هذه الأجزاء علي يديه و مستعملا رافعه حديد بسيطة .

٧- جهاز الليزر :

يقوم بتوجيه الأشعة و التي تم ضبطها علي الميل المقرر . كما توجد عند الدرع الأمامي لوحة أستقبال الأشعة ليتمكن لعامل القيادة من ضبط الدرع علي المسار تماما- شكل (٣٢) .

ملاحظات :

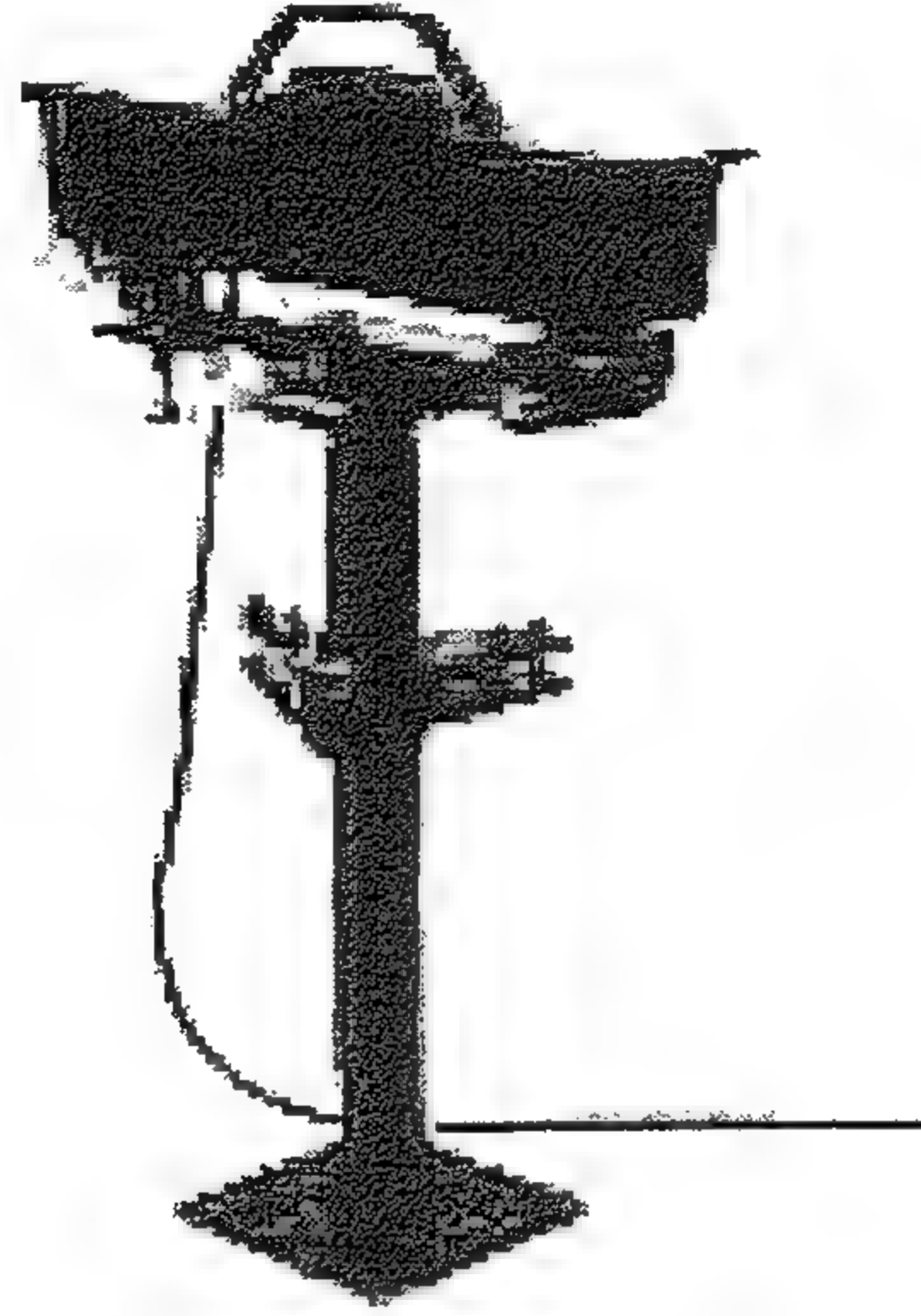
١ - في حالة وجود النفق تحت منسوب مياه الرش يتم أستخدام الهواء المضغوط . و في بعض الحالات تكون التربة طينية متماسكة تنفذ المياه بشكل بسيط جدا- فعلي المهندس في هذه الحالة تقدير ما إذا كان سيحتاج الي الهواء المضغوط أم أن معدل التركيب السريع يمكن أن يلاشي تأثير مياه الرش مع أماكن التخلص من أي مياه بسيطة متجمعة بالطللمات السطحية.

٢ - في الأنفاق ذات القطر الصغير - يقوم عامل واحد بالعمل في الداخل - و عليه قيادة الماكينة و عملية الحفر و تعبئة العربات و أنزال الأجزاء الخرسانية و تركيبها و كذلك عملية الحقن . يقوم عامل آخر بتشغيل آلة السحب الكهربائية و ضغط الهواء الي داخل النفق . كما يقوم عامل ثالث بتشغيل الرافعة لرفع الأتربة و تفريغها بالسيارات و كذلك أنزال الأجزاء الخرسانية علي العربات . ثلاث عمال فقط بالإضافة الي المهندس يمكنهم القيام بهذا العمل و بمعدل ٧ حلقات $\times 60$ سم (طول الحلقة) = ٤,٢ متر طولي / يوم.

٣ - الطول المناسب للنفق ٢٠٠ متر- و في حالة زيادة طول النفق عن ذلك يمكن إنشاء النفق بطول ٢٠٠ متر ثم القيام بإنشاء نفق آخر من الجهة الأخرى حتي يتم التلاقي و تنشأ بياره في هذه الجزء لأخراج الماكينتين بدون الدروع . يتم

عمل تبطين لهذا الجزء من الأجزاء الخرسانية و نهو الحقن و كافة الأعمال اللازمة.

٤- شاهدة وعانيت بنفسي إنشاء أحد هذه الأنفاق بالمملكة المتحدة ووصلت الي عامل الحفر بالداخل و شاهدة كل هذه العمليات ، دخلت بالوضع نائما علي بطني لصغر قطر النفق علي عربة نقل القطع الخرسانية.



شكل (٣٢) جهاز الليزر لضبط الميل والاتجاه في المواسير

خطوات العمل :

- ١ - تنشأ البياره في بداية النفق و يتم حقن الجزء الخارجي للبياره مكان خروج النفق أو تأمين عدم رشح المياه عند بداية العمل بواسطة آبار جوفية أو
- ٢ - يتم تنزيل معدات النفق داخل البياره ثم يضبط اتجاه الدرع و الميل التصميمي .
- ٣ - و ضع أرتكاز خلف ماكينة الأنفاق ثم التقدم للأمام حتي أخترق الدرع لحائط البياره.

- ٤ - عند الوصول الي أول النفق - نبدأ التبطين بالأجزاء الخرسانية و يستمر الحفر و خروج الناتج الي الخارج مع توالي التبطين . و يراعي معالجة اتصال أول النفق مع حائط البياره ضد مياه الرش.

٥ - ترتكز الروافع علي آخر حلقة تم تركيبها و نبدأ في التشغيل - في نفس الوقت يقوم عامل الحفر بالحفر داخل الدرع و ألقاء الأتربة في عربات الأتربة حتي كامل أنفراج الروافع - شكل (٣٣).

٦ - يخلق أنفراج الروافع مسافة تكون أكبر من طول الحلقة (طول الحلقة ٦٠ سم ومسافة أنفراج الروافع = ٧٠ سم) . عند أنكماش الروافع يمكننا تركيب الحلقة الخرسانية بالكامل.

٧ - تأتي العربات محمله بالأجزاء الخرسانية الي موقع التركيب . يتم تركيب أول جزء خرساني من أسفل أولا ثم الجزء الجانبي الأول و يقوم عامل التركيب بسند هذا الجزء بظهره ثم يقوم بتنزيل الجزء الثالث . يتم ضبط الجزئين الجانبيين مع بعضهما و تداخلهما بشكل سليم . عند استئناف العمل مره أخرى تقوم الروافع بالأرتكاز علي آخر حلقة - الأمر الذي يعمل علي أنضغاط الأجزاء و الحلقات الخرسانية بقوة مع بعضها.

٨ - يبدأ في عملية الحقن كما ذكر.

٩ - تبدأ عملية التبطين بعد الانتهاء من إنشاء النفق.



شكل (٣٣) أعمال الحفر داخل النفق الصغير



شكل (٣٣) أعمال التوجيه للروافع أثناء العمل

تجربة النفق ضد رشح المياه :

تطبق المعادلة التالية :

الرشح المسموح به $= 2 \times 10^{-4} \text{ م}^3 / \text{ساعة} / \text{م}^2$ من المسطح الداخلي للنفق . أي :
 $0,2$ لتر / 24 ساعة / م^2 من مسطح أي طول محدد من النفق .

خطوات التجربة :

١ - يختار الاستشاري جزءا من النفق بطول 10 م . ط (مثلا) و يحسب المسطح الداخلي له .

٢ - يتم عمل سد مباني مؤقت بارتفاع 25 سم فوق مياه الرشح التي قد تكون موجوده بالنفق ويتم بياضة وعزلة حتي لا يسرب أي مياه ، وسد آخر مماثل علي بعد 10 م . ط . يتم عمل علامة بالقلم علي سطح المياه .

٣ - ننتظر ٢٤ ساعة (مدة التجربة) وتعمل علامة بالقلم علي منسوب الرشح الجديد .

٤ - تحسب كمية المياه المتكونة والتي تساوي المسافة بين القرائتين \times عرض طبقة المياه \times مسطح مسافة الـ ١٠ متر .

يجب ألا تزيد كمية الرشح المتجمع عن الكمية المذكورة في المعادلة السابقة .

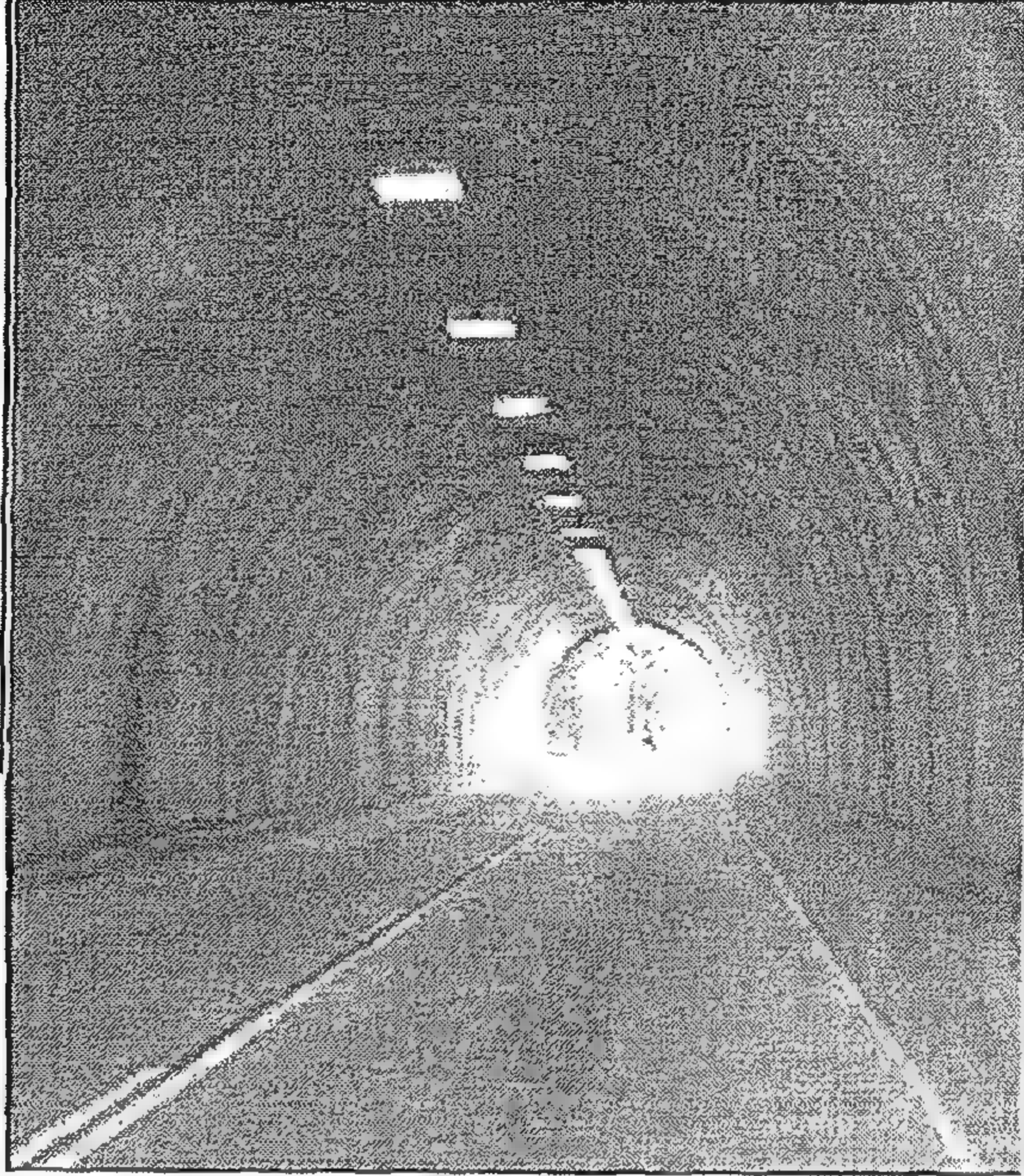
المراجع

- ١ - هندسة التشييد لمرافق المياه والصرف الصحي
مهندس / محمود حسين المصيلحي .
- ٢ - كتالوجات الشركات المصنعة للمعدة .
- ٣ - معهد التدريب الفني والمهني لشركة المقاولون العرب .

1

الإنشاءات المتميزة

مقاطعات الأنفاق



الباب الثامن

الأنفاق عند التقاطعات

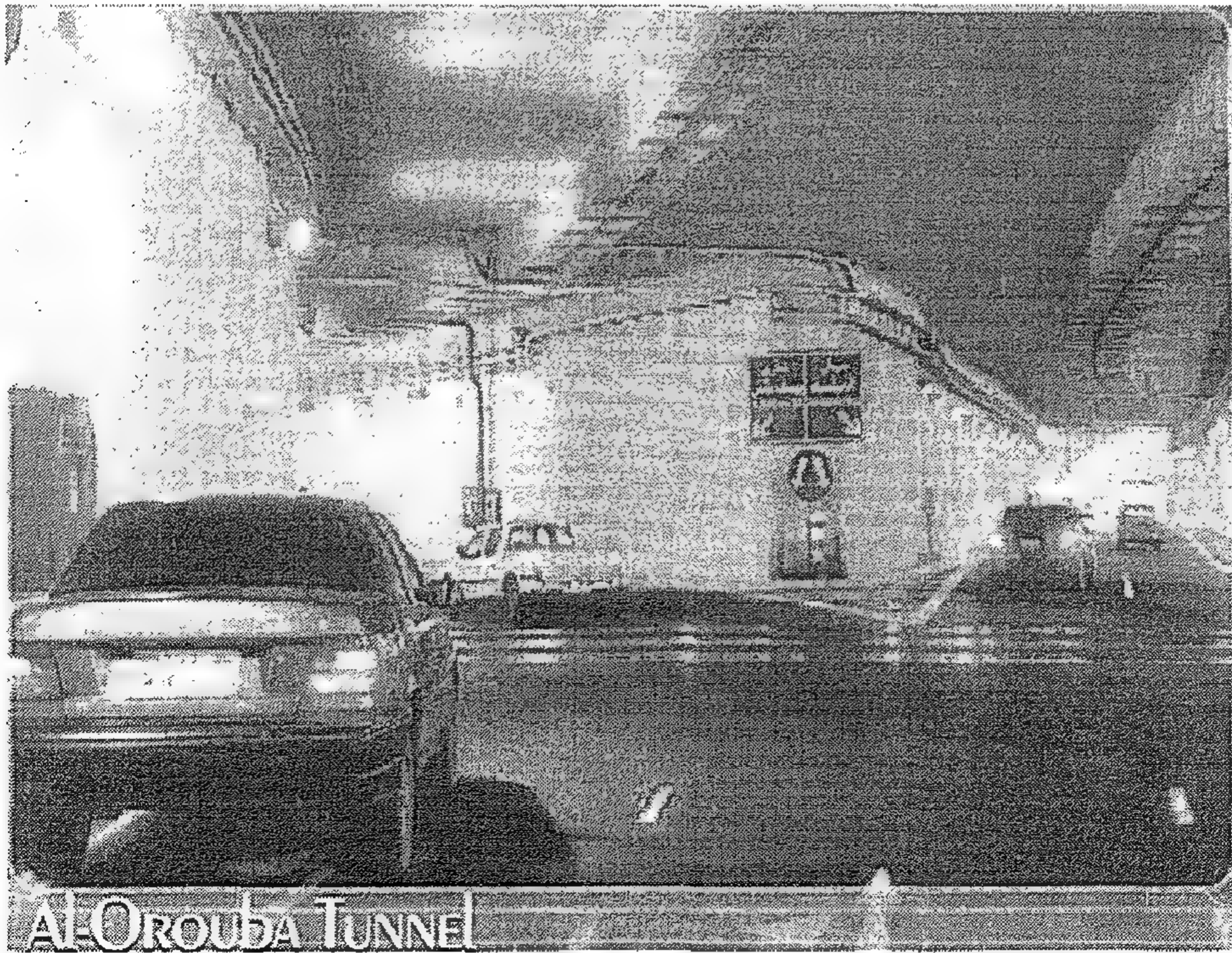
الأنفاق عند التقاطعات

SUBWAYS

عند ألتقاء عدة طرق في مكان واحد ، تحدث الاختناقات المرورية ، ولعدم أعاقلة المرور وتيسير حركة السير للسيارات ، يلجأ المهندسون الي الأنفاق لتفادي تقاطعات الطرق وأزدحام المرور .

ويمكن تنفيذ هذا النفق بالطرق التالية :

- ١ - باستخدام الستائر المعدنية Sheet Piles .
 - ٢ - باستخدام حوائط الديافرام Diaphragm Walls .
 - ٣ - باستخدام الخوازيق المتماسة Secant Piles .
- يمكن للنفق أن يكون تحت سطح الأرض مثل نفق العروبة - شكل (١) ونفق الثورة - شكل (٢) ونفق الميرغني بالقاهرة - شكل (٣) و نفق الشيراتون ونفق وادي النيل بالجيزة .



شكل (١) نفق الثورة - القاهرة



شكل (٢) نفق الثورة - القاهرة



نفق العروبة (الميرغني) - مصر الجديدة - القاهرة - أثناء الأثناء



The Orouba underpass

شكل (٣) نفق العروبة (الميرغني) - مصر الجديدة - القاهرة - بعد الإنشاء
كما يمكن أن يعلو فوق الأرض لحل أي تقاطع مروري أو مجري مائي - شكل (٤)



شكل (٤) النفق يعلو سطح الأرض - الحائط الساند من خوازيق متماسة ومشدودة من الداخل بشدائد
سابقة الأجهاد



شكل (٤) النفق يعلو سطح الأرض - الحائط السائد من خوازيق متماسة ومشدودة من الداخل بشدادات سابقة الأجهاد

طريقة التنفيذ :

- ١ - بخطط محور النفق ، ثم محاور حوائط الديافرام . يتم تحويل أي مرافق تعترض الحفر .
- ٢ - تنفذ كمرات الدليل ثم حوائط الديافرام - شكل (٦) . راجع باب حوائط الديافرام لمزيد من التفصيل . يجب تزويد أشاير تسليح في كل حائط عند منسوب بلاطة الأرضية مماثلة لحديد الأرضية العلوي والسفلي .
- ٣ - يبدأ تجهيز الطريق العلوي فوق قمة حوائط الديافرام ، وذلك بالحفر بين حوائط الديافرام الموجودة علي جانبي الطريق حتي منسوب قاع السقف .

٤ - يتم صب خرسانة عادية أسفل منسوب السقف بقيمة ١٠ سم لرص حديد تسليح السقف في مكان نظيف . هذه الطريقة توفر أي شدات مسلحة مطلوبة للسقف. فضلا عن أن حوائط الديافرام سوف تتركز علي السقف مما يقلل من قطاعها الخرساني .

٥ - بعد أستكمال العمل في تسليح السقف يتم صب الخرسانة ثم معالجتها .

٦ - يمكن بدء الحفر داخل النفق حسب القطاع التصميمي وبعد تمام شك الخرسانة. يبدأ الأعداد لصب الأرضية .

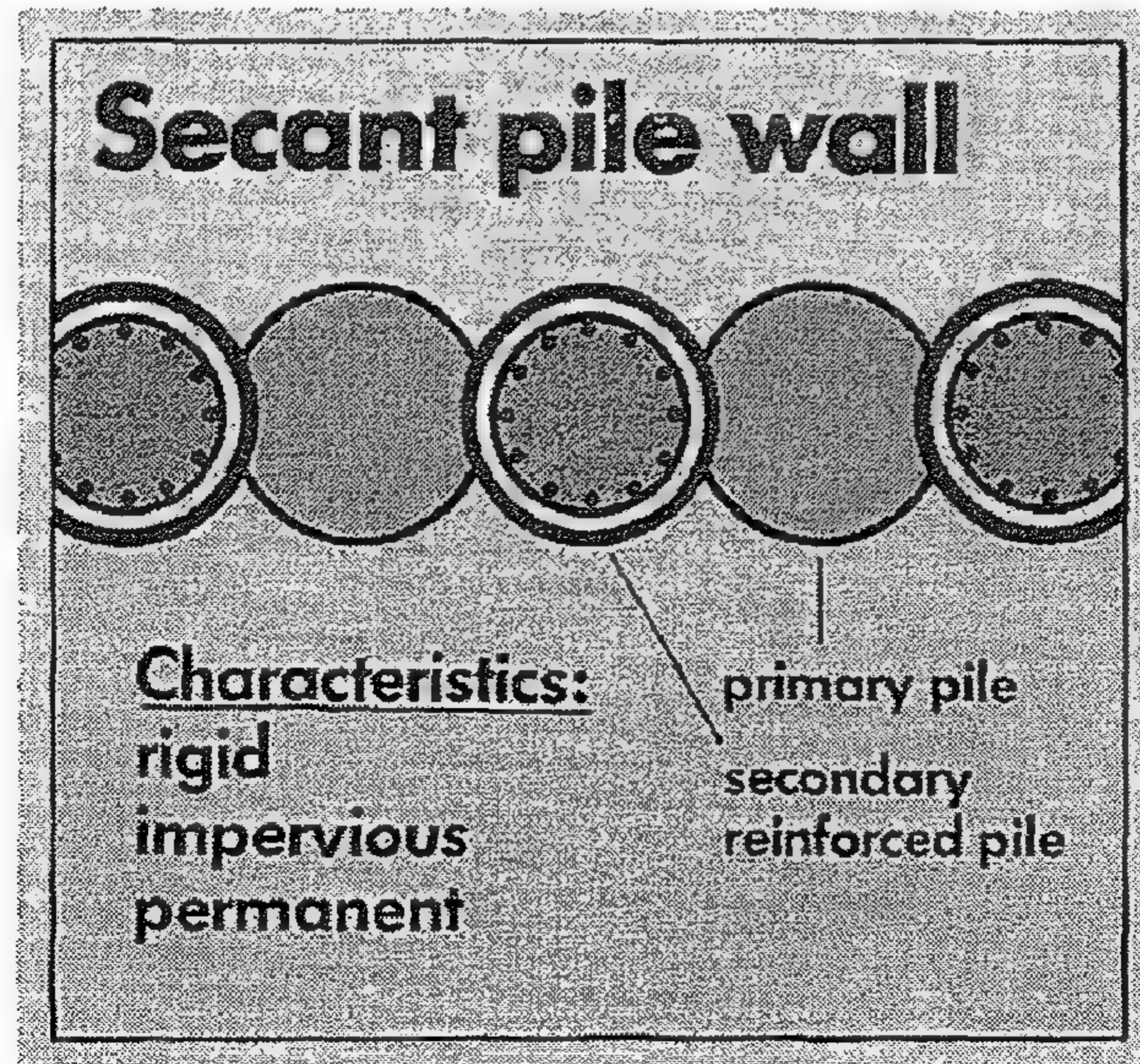
٧ - يتم إزالة الغطاء الخرساني Cover من سطح حائطي الديافرام عند منسوب الأرضية ومد أشاير التسليح الي داخل قطاع الأرضية.

٨ - صب فرشة خرسانة عادية سمك ١٠ سم أسفل الأرضية (نظافة) ثم رص حديد التسليح للأرضية .

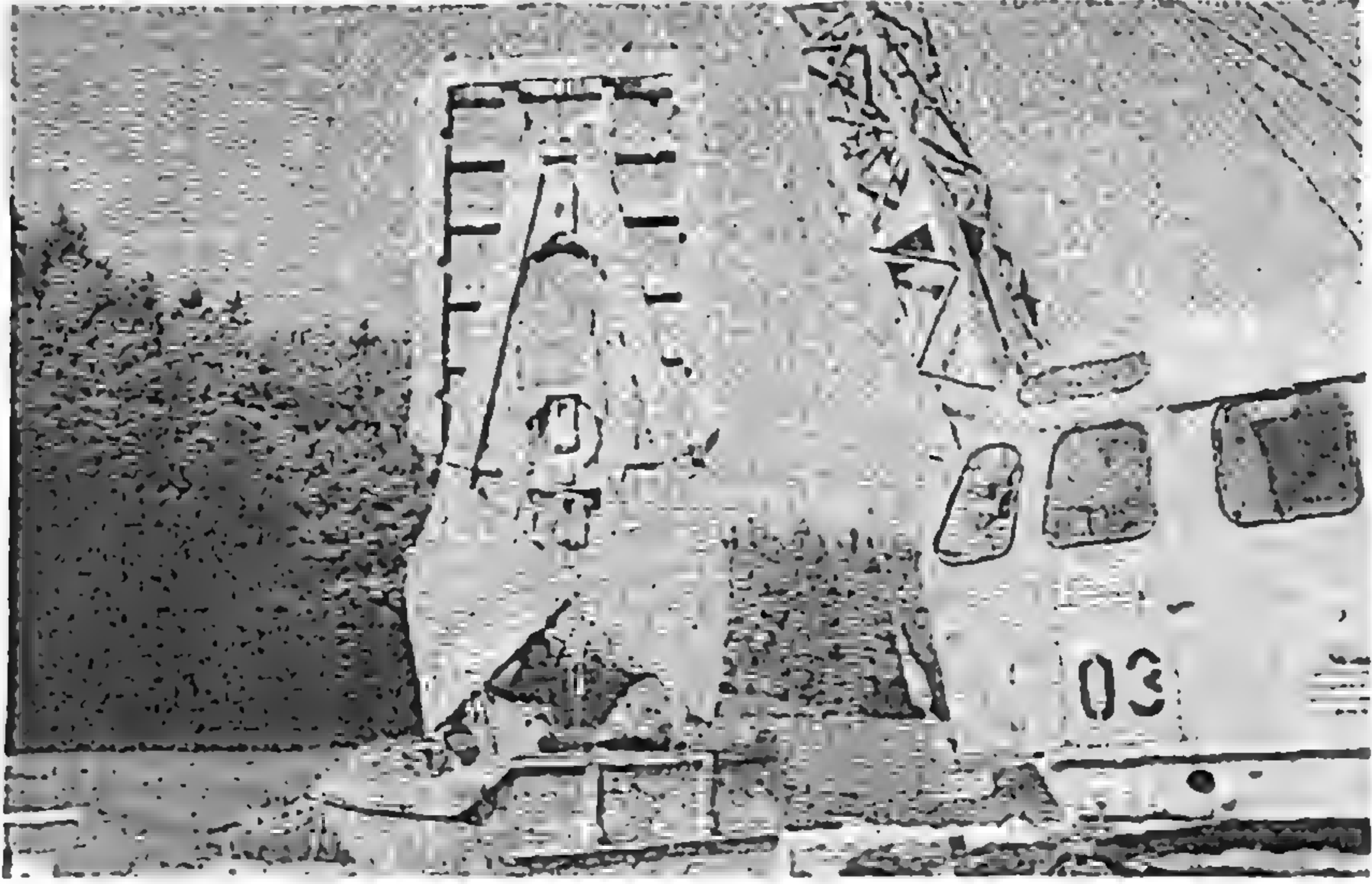
٩ - صب الأرضية الخرسانية المسلحة ثم المعالجة ضد رشح المياه .

١٠ - تنفيذ باقي البنود مثل العزل ومقاومة الرشح والتشطيبات

يمكن أن تكون حوائط الديافرام من الخوازيق المتماسة - شكل (٥) . كما يمكن أن تكون كل الخوازيق بقطاع مسلحة .



شكل (٥) قطاع يظهر الخوازيق المتماسة



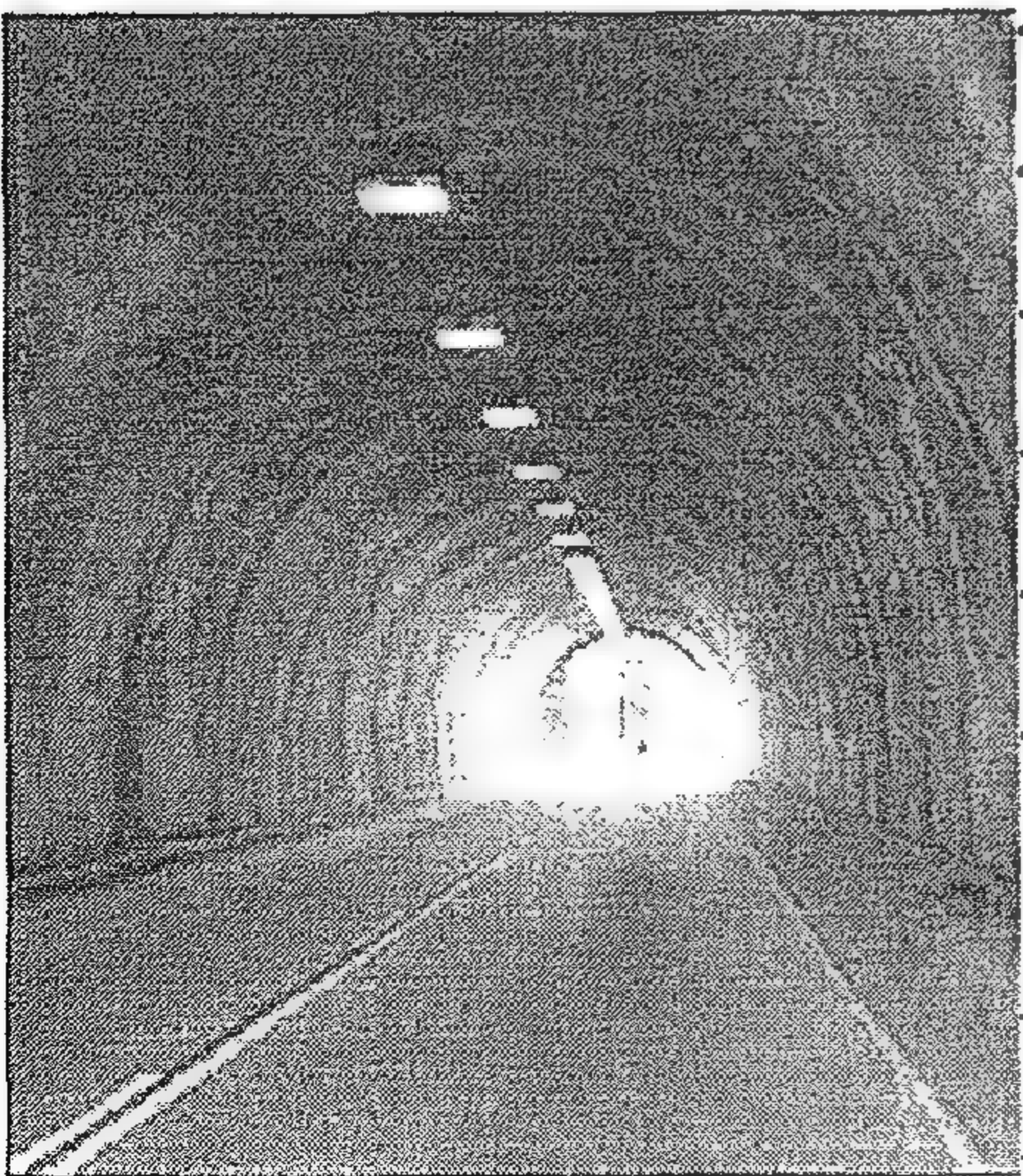
شكل (٦) حفارة حوائط الديافرام



شكل (٦) محطة خلط البنتونايت - يمكنها ضخ خليط البنتونايت بمعدل ٥٠ متر مكعب / الساعة في أثناء حفر الحوائط

المراجع

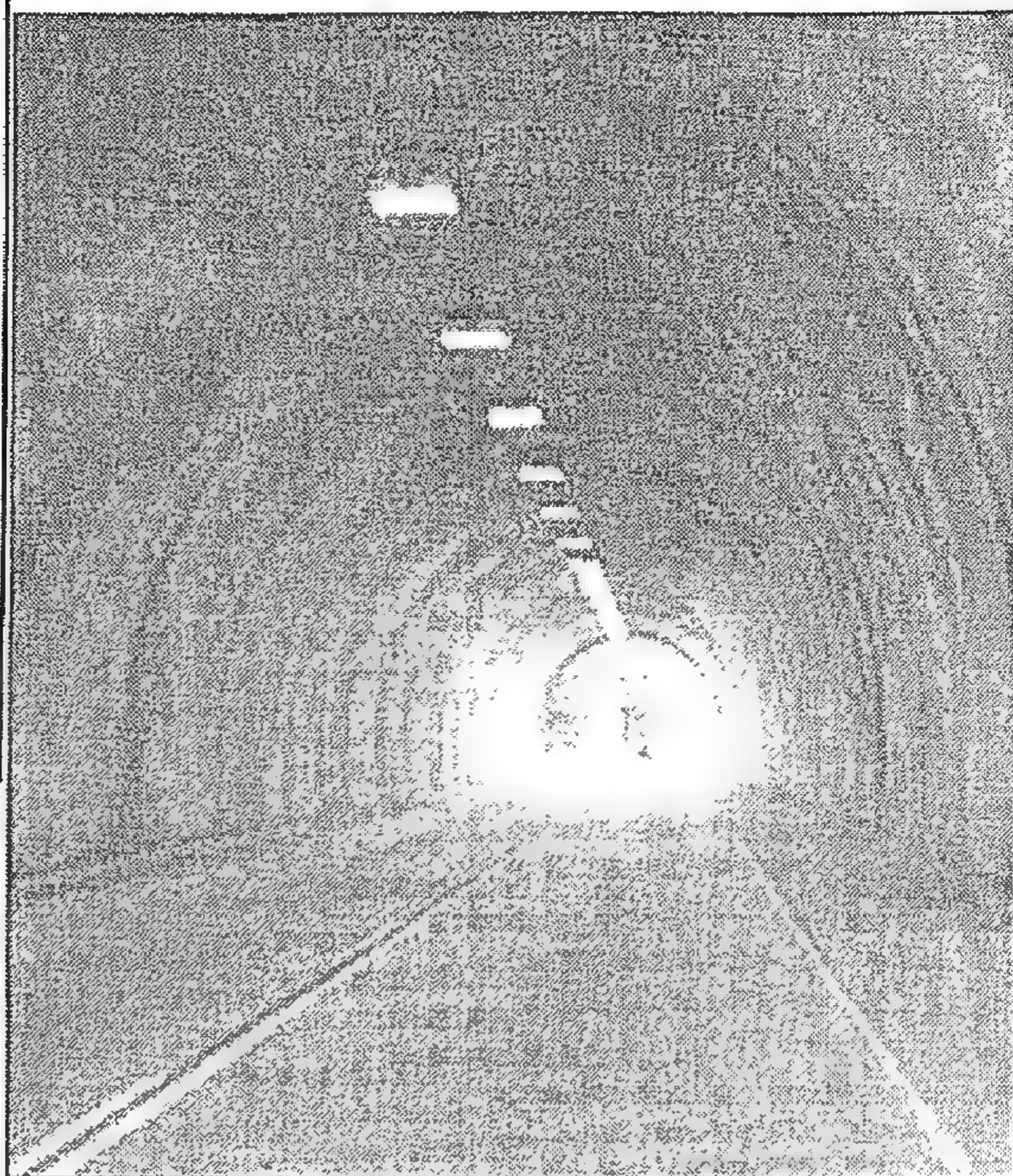
١ - شركة المقاولون العرب .



1

الإنشاءات المتميزة

حقائق إنشاء



الباب التاسع

الحفر النفقي الموجه

الحفر النفقي الموجه :

الحفر النفقي الموجه هو طريقة لتنفيذ الأنفاق الصغيرة و المتناهية الصغر سواء من ناحية الاتجاه أو العمق بدقة كبيرة بحيث لا تؤثر علي جوهر العمل . هذه الطريقة لها مميزات متعددة هي :

١ - إمكانية إنشاء شبكة مواسير تحت الأرض بدون حفر أو تعطيل المرور أو أعاقه السير مع توفير تكاليف أخرى مثل تكسير وأزالة الأسفلت أو تعديل مواقع المرافق الموجودة

٢ - يمكن بهذه الطريقة الاستغناء عن الفواريج لتمرير هذه الماسورة خاصة مواسير المياه و الصرف الصحي أو الغاز أو الكابلات.

٣ - لا تحدث هذه الطريقة أي ضوضاء أو غبار أو تلويث للبيئة المحيطة بالموقع.

٤ - سرعة الأداء .

٥ - المحافظة علي المرافق المجاورة .

٦ - لا تحويل للمرور .

٧ - إمكانية الحفر في الأراضي الصخرية .

مواصفات الحفر النفقي الموجه :

١ - أقل قطر للماسورة = ١٢ سم .

٢ - أكبر قطر = ١٠٠ سم .

٣ - أقصى طول للحفر = ٥٠٠ متر .

٤ - العمق : غير محدد .

أنواع المواسير المستخدمة :

١ - مواسير البوليثلين .

٢ - المواسير الحديد .

٣ - مواسير الزهر المرن .

٤ - الكابلات النحاسية .

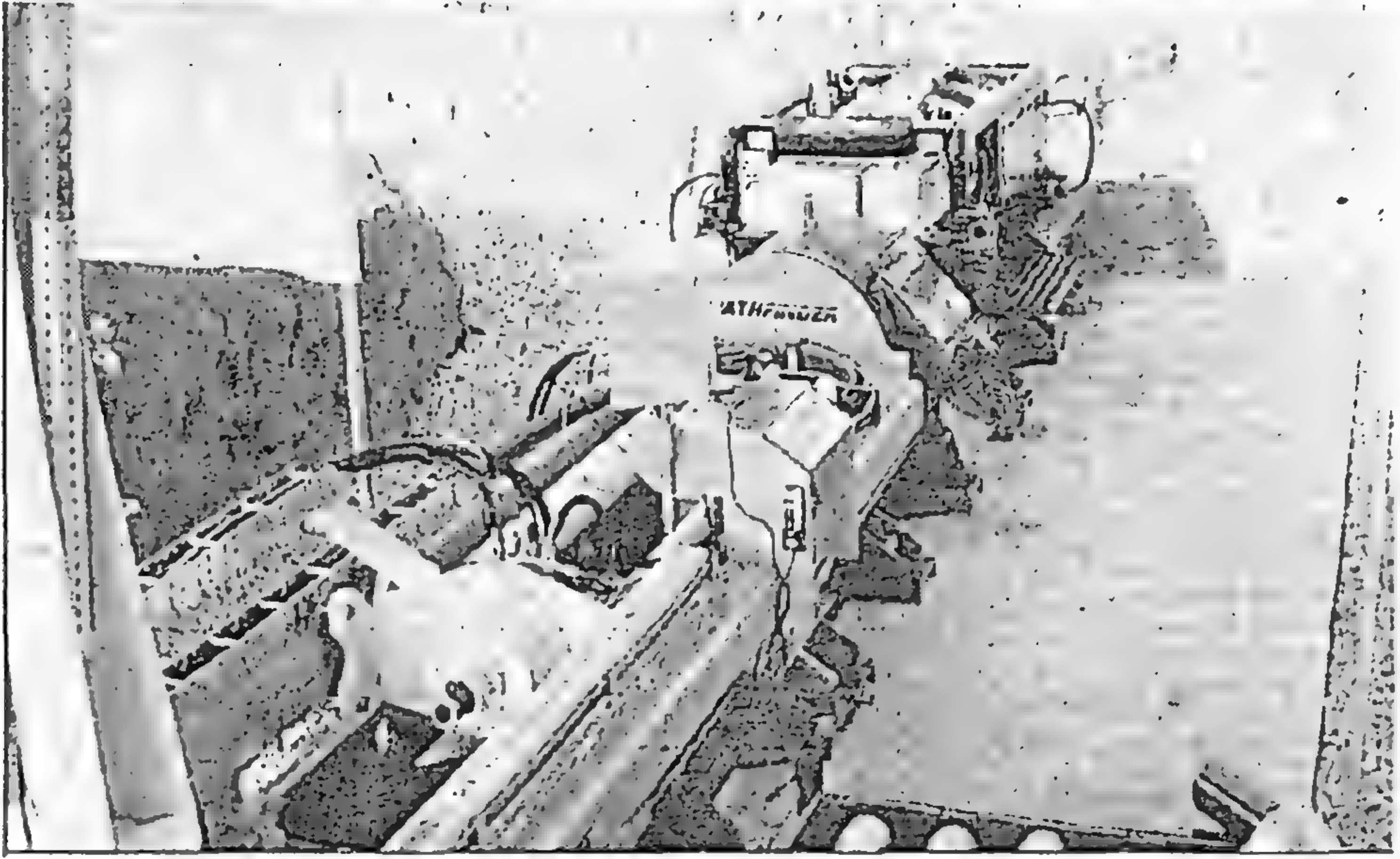
كل مقاس من مقاسات المواسير ، له المعدة الخاصة به والقدرة المناسبة للعمل . تقوم المعدة بتوليد قوة الدفع Thrust ومصاحبا لها قوة إدارة لقضيب الحفر المثبت في الماكينة Torque بالإضافة الي قوة شد Pulling ، وأيضا دفع المياه بقوة لأحداث تفوير في طبقات الأرض Water Jet لتسهيل ولأحداث الأختراق المطلوب . وكل بلد من البلدان لها المعدات الخاصة والتقنيات الخاصة بها وهي متعددة الأنواع والطرازات إلا أنها تقوم بنفس العمل .

الطراز الأول :

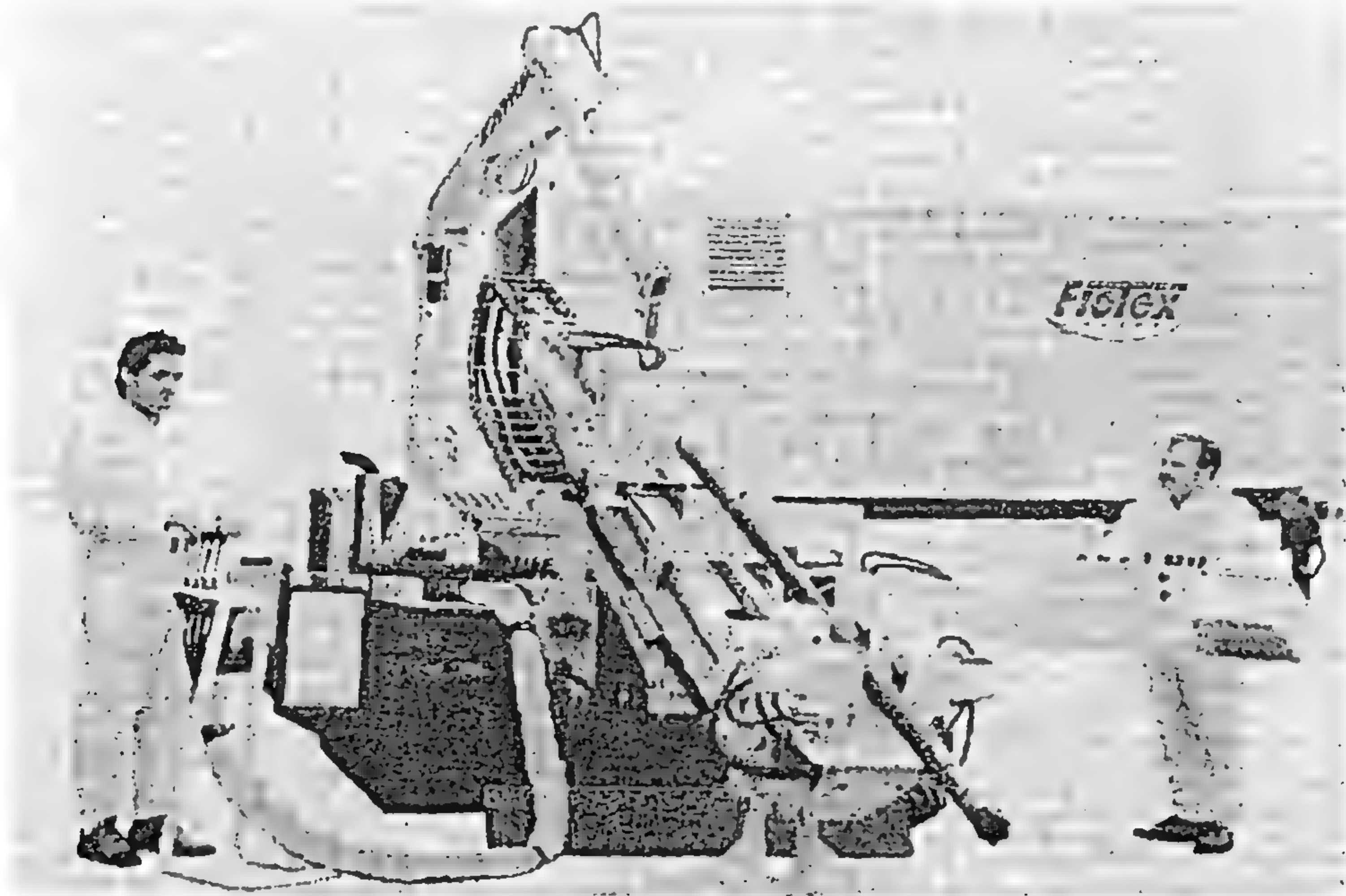
شكل (١) :

TRACTO-TECHNIK

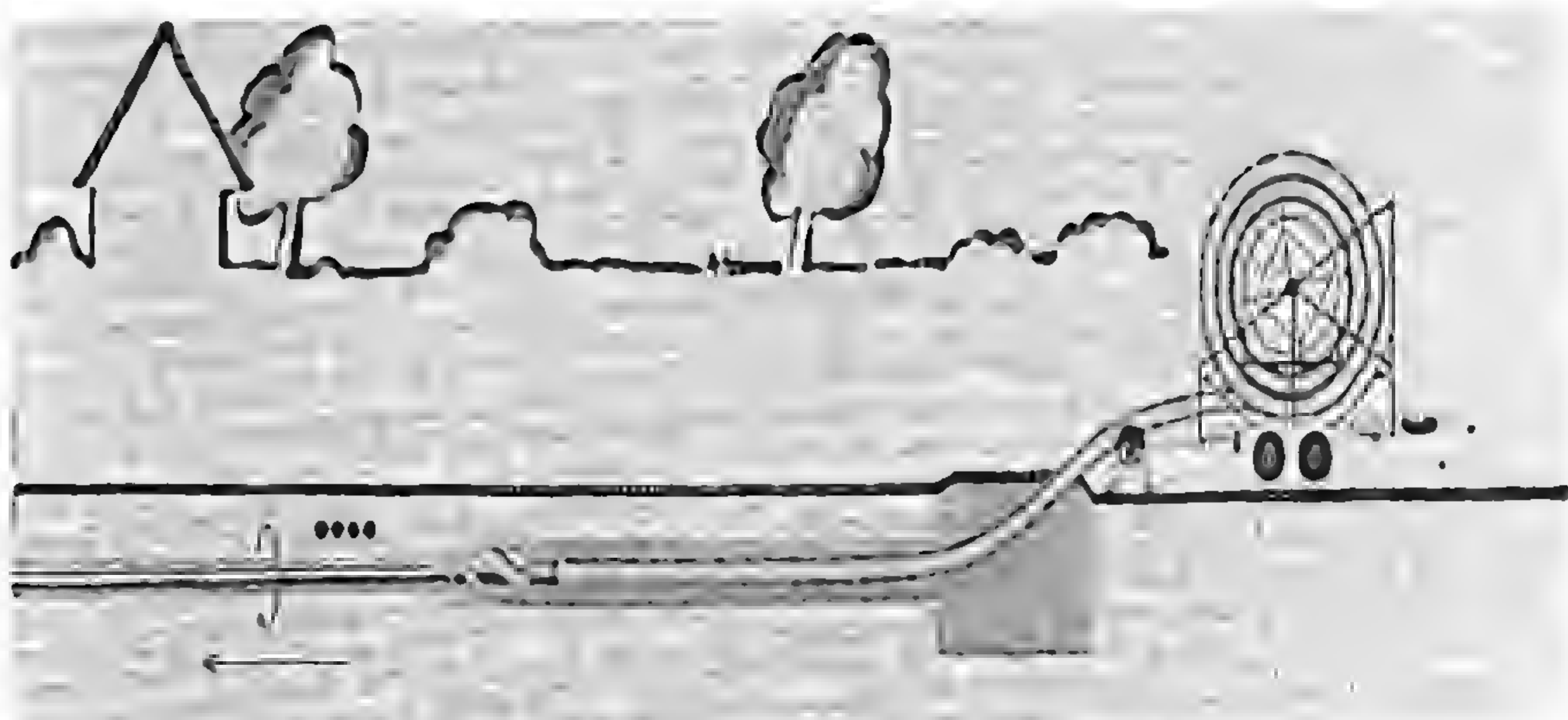
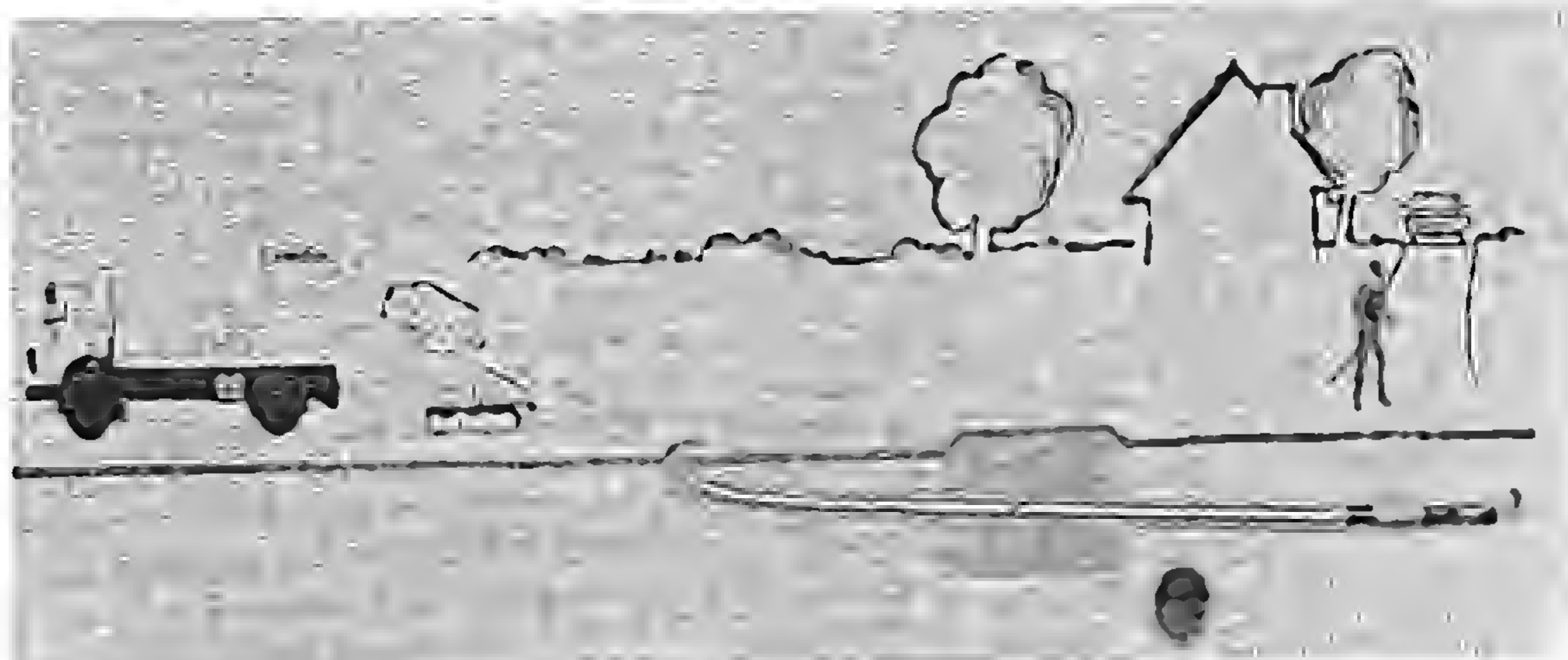




شكل (١) بعض أنواع المعدات التي تعمل في مجال الحفر النفقي الأفقي - حسب المصنع المنتج الطراز التالي من تكنولوجيا الحفر النفقي الأفقي الموجه تنتجه إحدى الشركات ، وسنعرض طريقة العمل والتشغيل علما بأن غالبية الطرازات المعدات وكذلك طريقة العمل متشابهة - شكل (٢) .



شكل (٢) آلة الحفر النفقي الأفقي

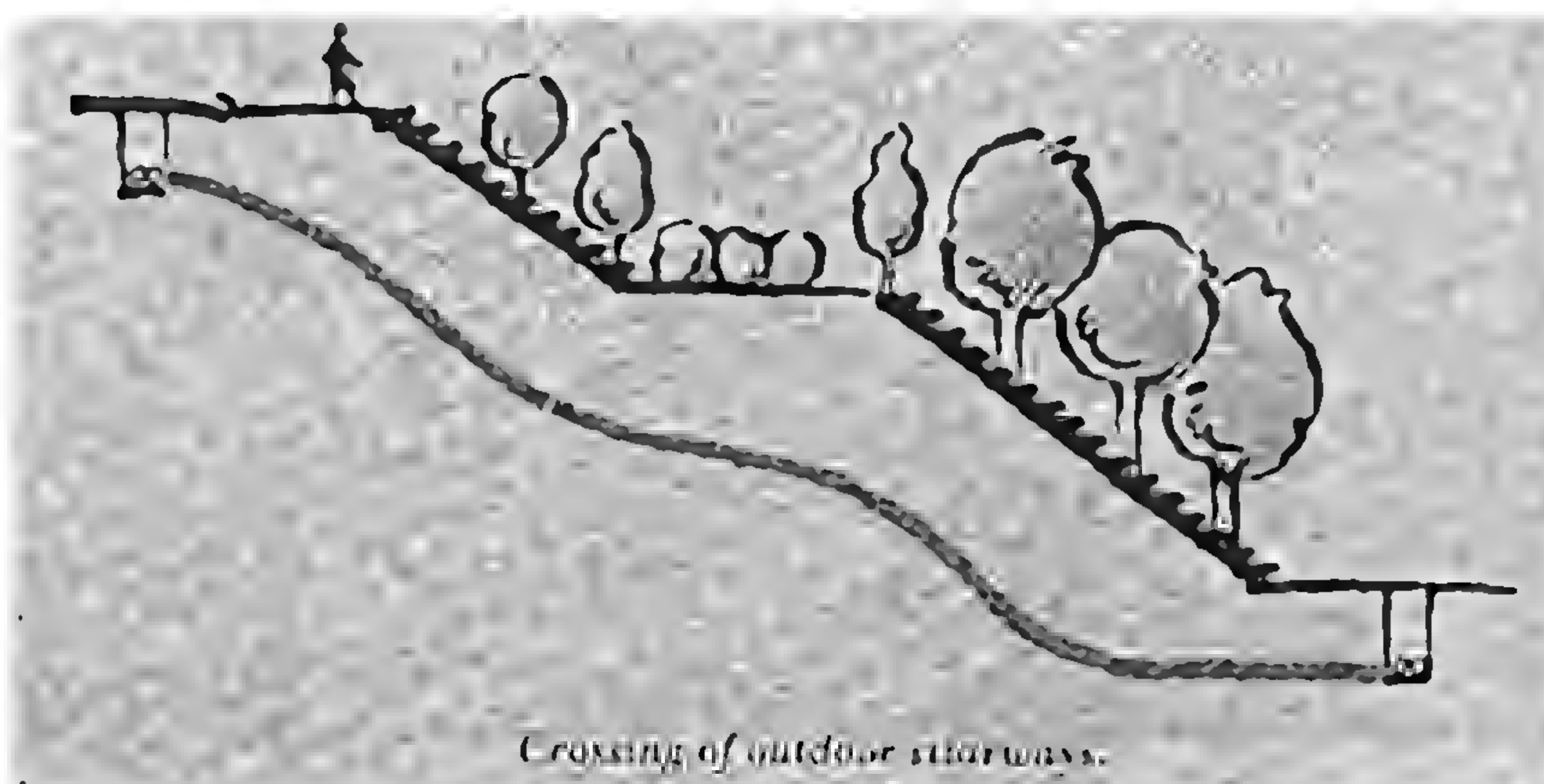
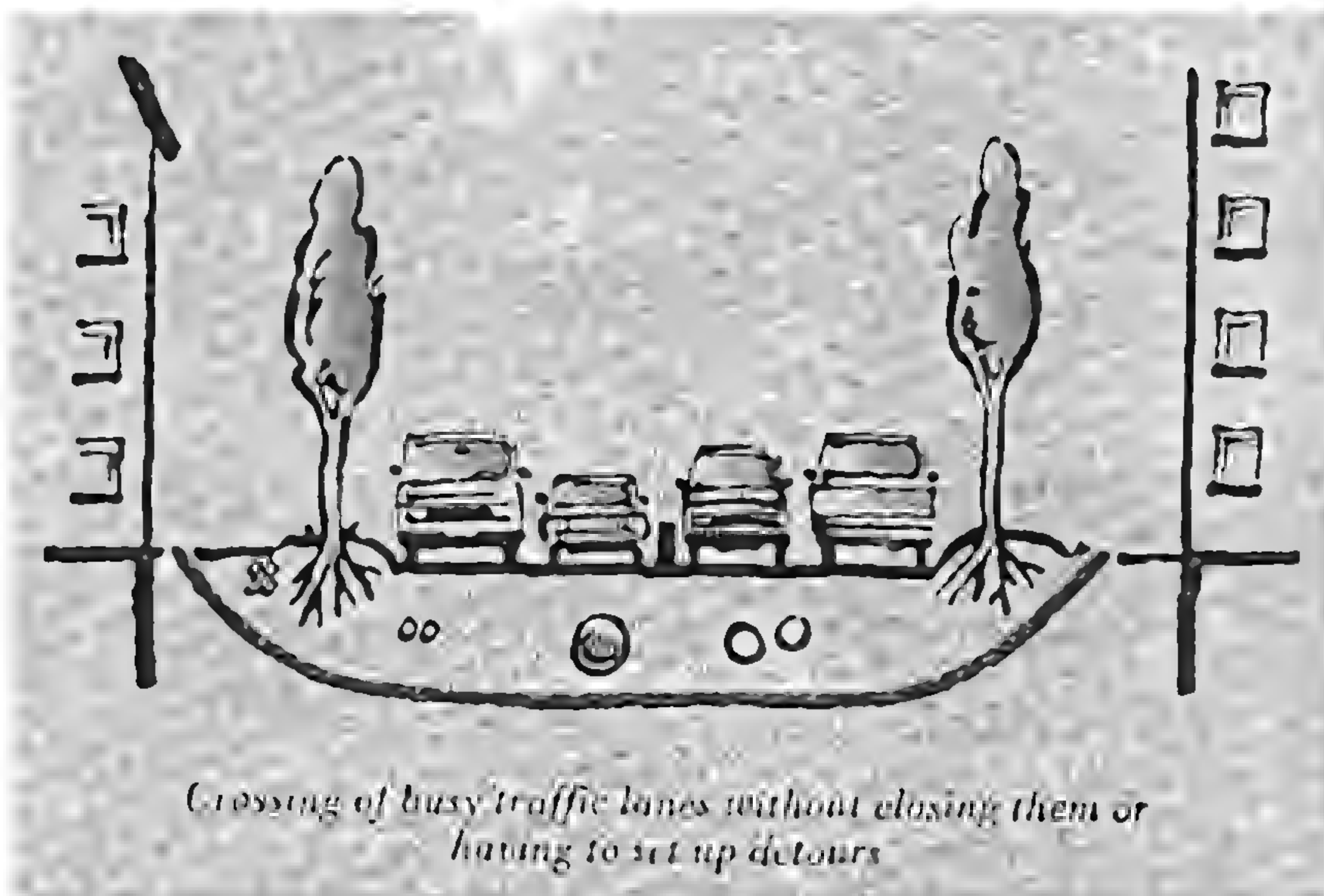
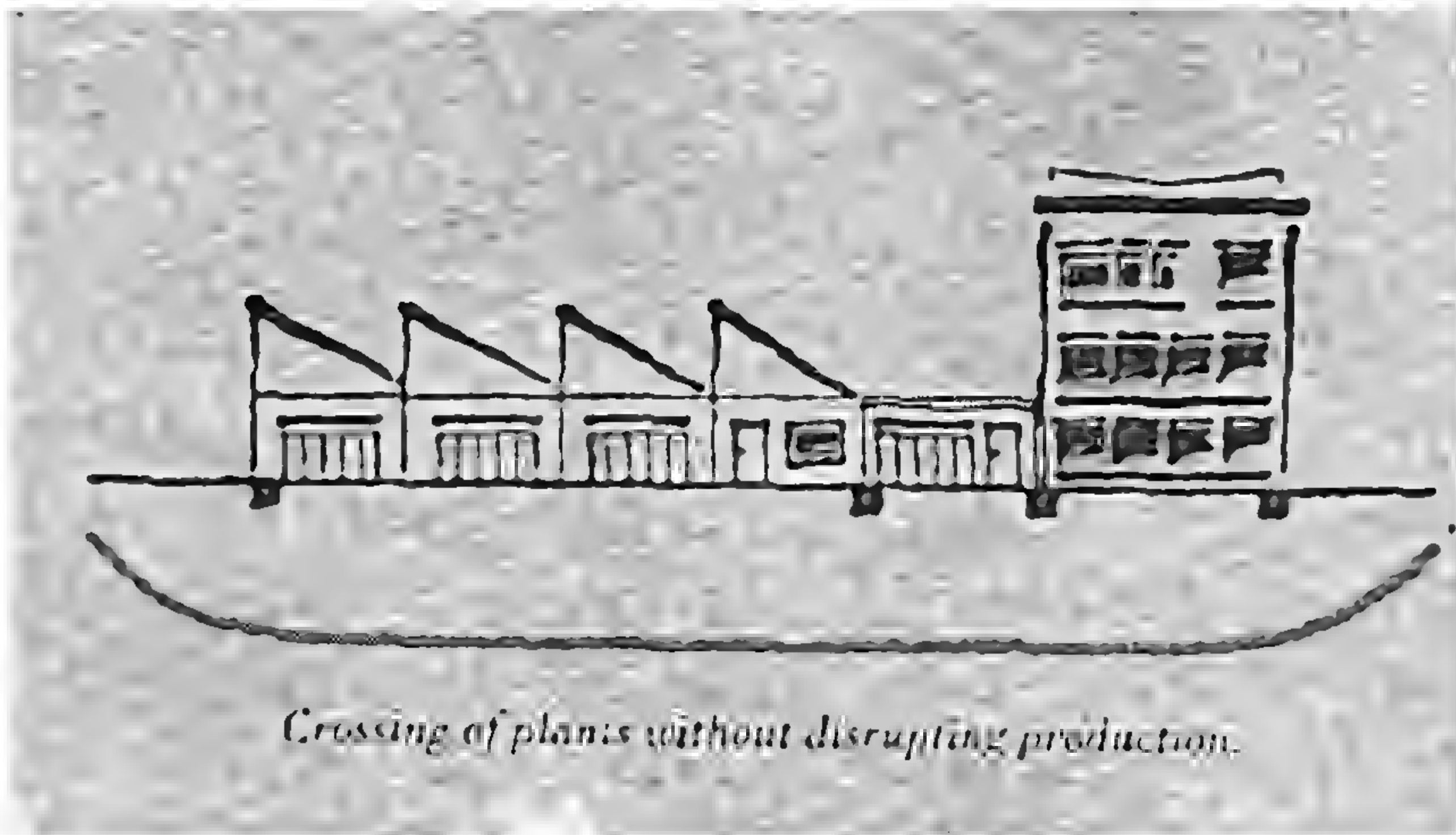


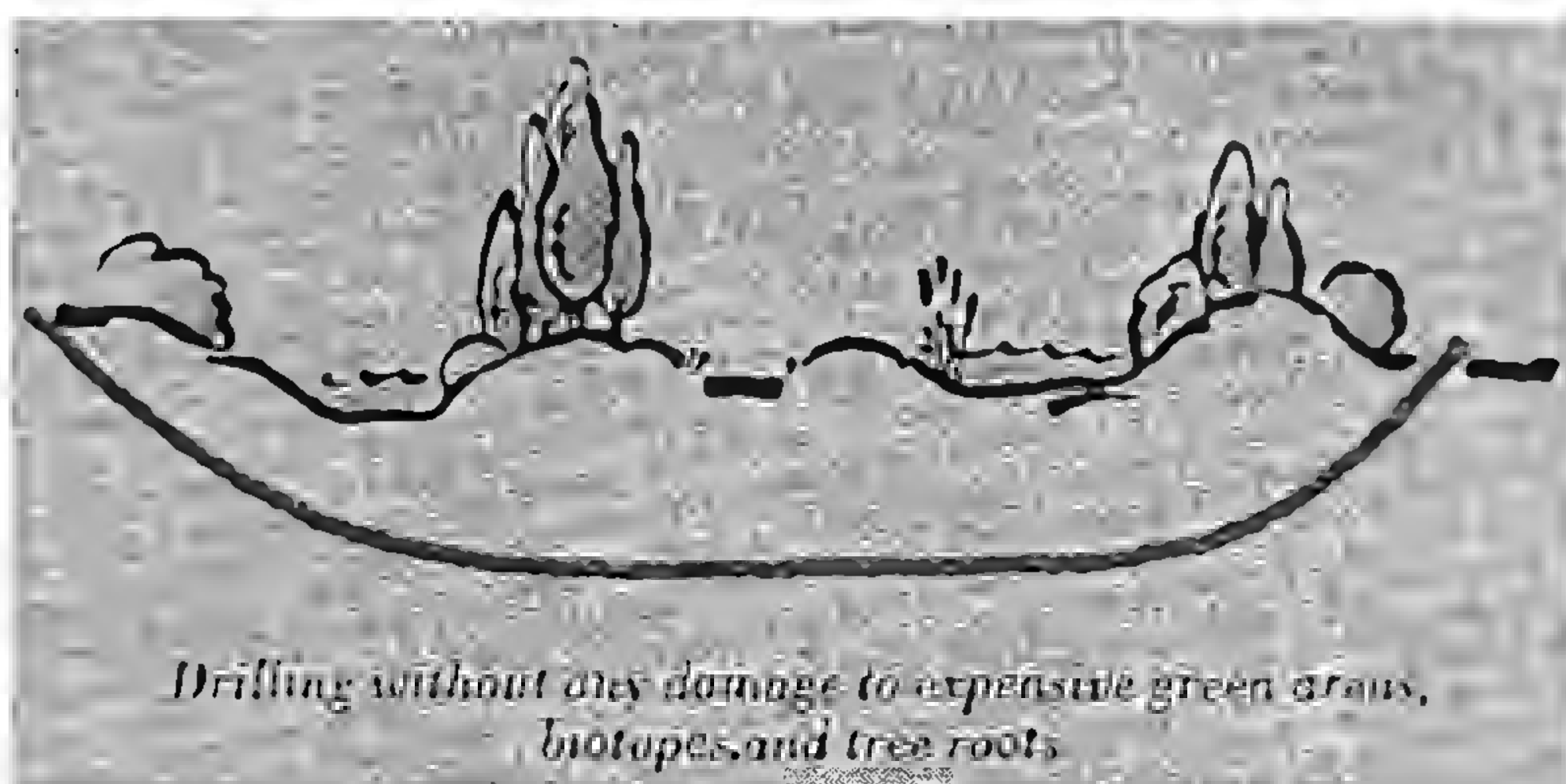
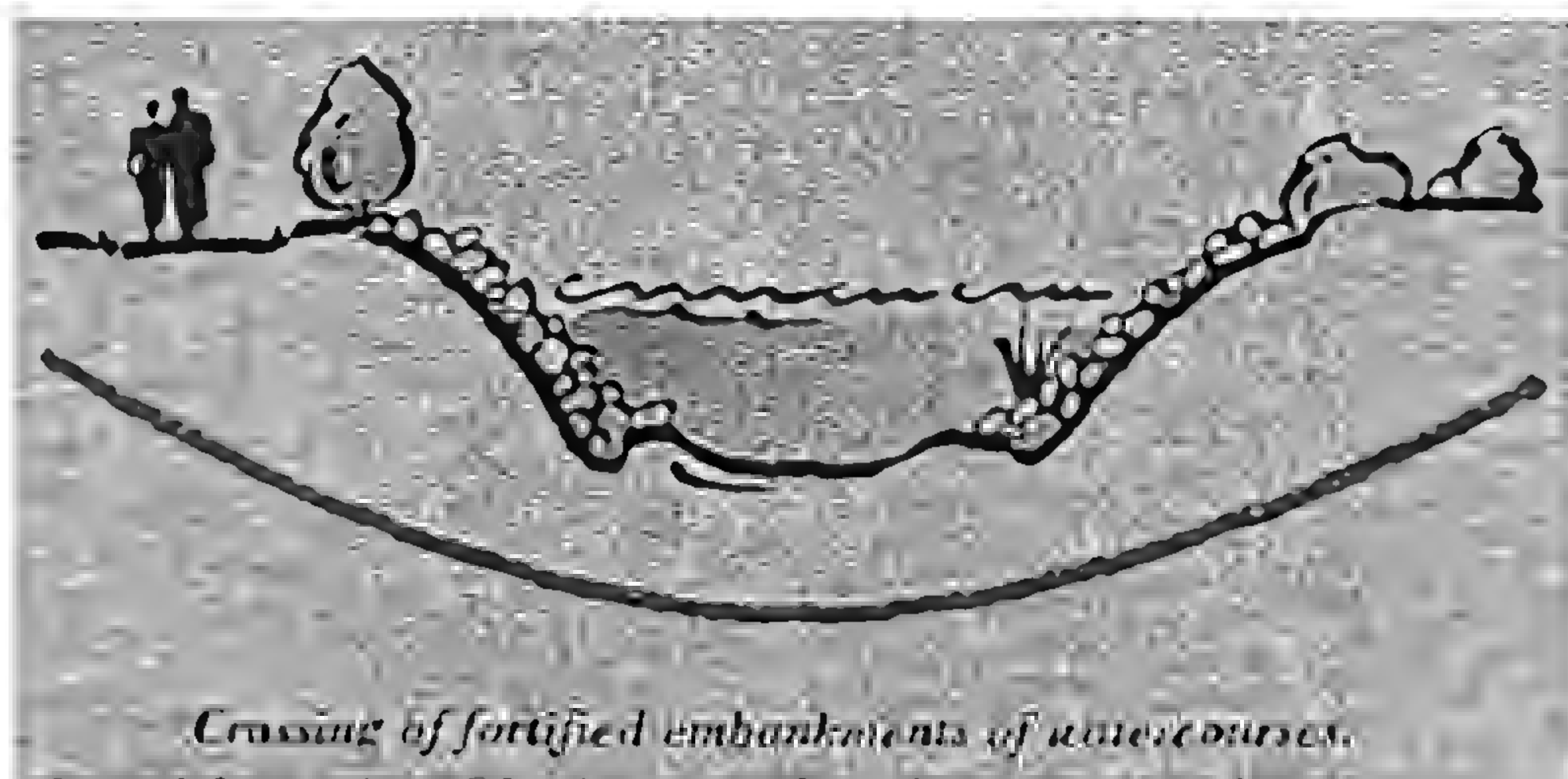
شكل (٢) تفاصيل تنفيذ الحفر التلقائي الأفقي



شكل (٢) مقدمة الحفر

تطبيقات علي المشروعات - شكل (٣) :





شكل (٣) تطبيقات الحفر النفقي الأفقي

المهمات الملحقة بماكنة الحفر - شكل (٤) :



شكل (٤) مهمات مقدمة الحفر

خطوات العمل :

- ١ - يتم تحديد المسار مساحيا بدقة .
- ٢ - تنشأ حفرة البداية Start Pit .
- ٢ - تقوم آلة الحفر بعمل ثقب صغير في كامل المسار المحدد Pilot Drilling أوتوماتيكيا Remotely Controlled بطول النفق حتي حفرة النهاية . يكون هذا الثقب أصغر من الماسورة المزمع تركيبها (حوالي ربع القطر) . يتم ذلك بتركيب مقدمة الحفر Drill Head لعمل هذا الثقب مع دفع المياه من خلاله بضغط كبير Water Jet لتفوير الأرض مكان مسار الماسورة - شكل (٤) لأنجاز هذا العمل حتي يخرج من غرفة النهاية في المكان المحدد بكل دقة .
- ٣ - بعد نهو العمل و أكمال إنشاء ثقب الحفر ، نقوم بتغيير مقدمة الحفر الي مقدمة أخرى لها قطر الماسورة المطلوب تنفيذها موسعة للحفر مع دفع المياه وساحبة خلفها الماسورة حتي الخروج من الجهة الأخرى .

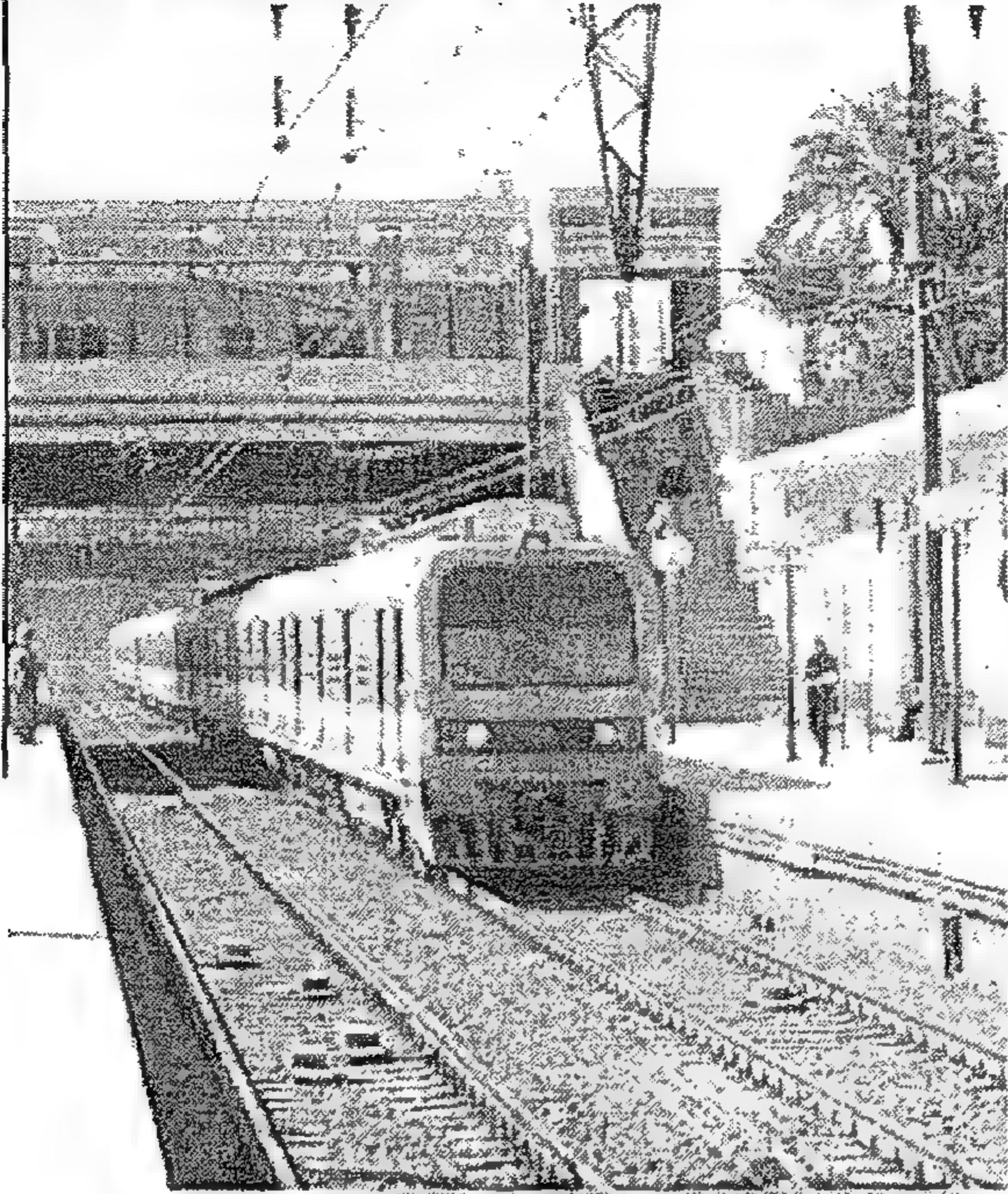
المراجع

- ١ - كتالوجات الشركات المنتجة .

2

الإنشاءات المتميزة

مترو الأنفاق بالقاهرة



الباب العاشر

شبكة مترو الأنفاق للقاهرة الكبرى

تشمل الشبكة الخطوط الثلاثة الرئيسية الآتية :-

١ - الخط الأول للمترو :

يعتبر العمود الفقري لشبكة المترو ويمتد من حلوان إلى المرج بطول ٤٣ كم وقد إستكمل تنفيذه عام ١٩٨٩ وينقل حاليا ١٤ مليون راكب يوميا وتسمح الطاقة التصميمية له بالزيادة إلى ٢ مليون راكب/ يوم .

٢ - الخط الثانى للمترو :

ويمتد من شبرا الخيمة إلى جنوب محطة سكة حديد الجيزة بطول ١٩ كم ويتبادل الخدمة مع الخط الأول فى محطة مشتركة أسفل كل من ميدان رمسيس وميدان التحرير ويجرى تنفيذه على أربعة مراحل منذ عام ١٩٩٣م حيث تم تنفيذ الجزء الأول والثانى منه حتى الآن (شبرا الخيمة - التحرير) .

٣ - الخط الثالث للمترو :

ويمتد طبقا للدراسات السابقة من إمبابة فى الغرب فى محافظة الجيزة إلى الدراسة فى الشرق فى محافظة القاهرة بطول ٨.٥ كم على أن يتبادل الخدمة مع الخط الأول فى منطقة محطة جمال عبد الناصر ومع الخط الثانى فى منطقة محطة العتبة وهو مشروع ينتظر الدراسة المفصلة كما يحتل التعديل فى المسار قبل البدء فى تنفيذه نظرا للمتغيرات الكثيرة التى فى القاهرة الكبرى.

٤ - مشروعات مكملة لخطوط المترو :

أ - محطة محولات الضغط العالى ٢٠/٦٦ ك.ف فى طره (تم تنفيذها منذ عام ١٩٨٧) .

ب - محطة محولات الضغط العالى ٢٠/٢٢٠ ك.ف فى مبنى مجمع رمسيس (تم تنفيذها منذ عام ١٩٩٢) .

ج - مركز رئيسى للتحكم فى الطاقة والتشغيل للخطوط الثلاثة فى مبنى مجمع رمسيس (تم تنفيذه منذ عام ١٩٩٢ ويجرى إستكماله طبقا لمراحل تنفيذ الخطوط الثلاثة).

د - ورشة طره لصيانة قطارات الخط الأول بطاقة إصلاح ٢٠٤ وحدة (تم تجديدها كاملا وإستكمالها عام ١٩٨٧) .

هـ - ورشة شبرا الخيمة لصيانة قطارات الخط الثانى والثالث بطاقة إصلاح ٣٢٠ وحدة (استكمال تنفيذه فى سبتمبر ١٩٩٧) .

الخط الثانى للمترو

(شبرا الخيمة - رمسيس - التحرير - الجيزة)

وصف عام للخط :-

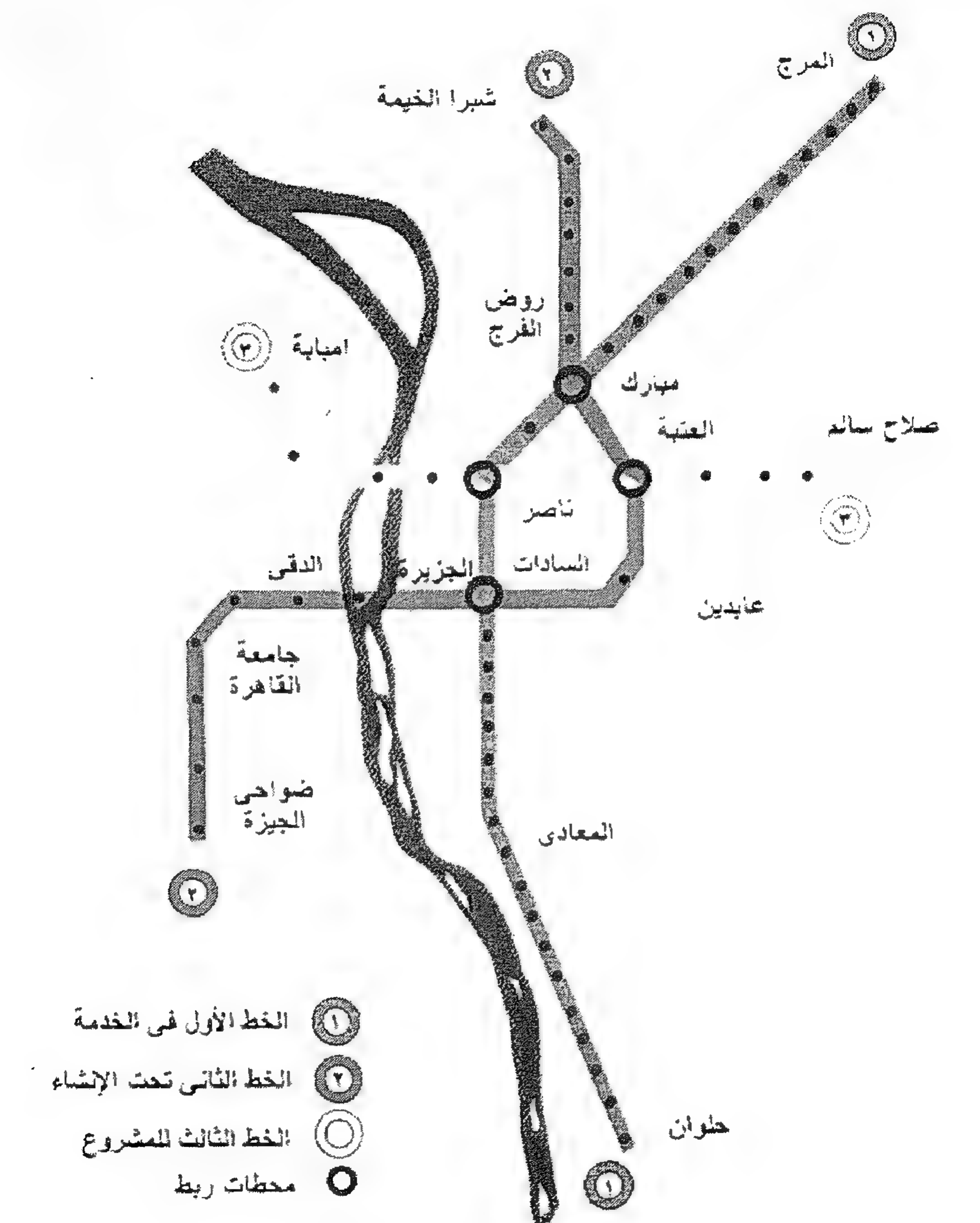
- يعتبر الخط الثانى للمترو إنشاء جديد بكامل طوله حيث لا يعتمد على أية بنية أساسية سابقة مثل الخط الأول كما يتم تمويل تنفيذه من إمكانيات الدولة دون الإعتماد على أية مصادر تمويل خارجية (تمويل ذاتى من وزارة النقل - بنك الإستثمار القومى - البنوك المحلية) .

- يمتد الخط من شبرا الخيمة إلى ميدان رمسيس ثم إلى ميدان العتبة وميدان التحرير ثم يعبر النيل بفرعيه إلى الدقى ثم يعبر سكة حديد وجه قبلى متجهها جنوبا إلى الجيزة حيث ينتهى جنوب محطة سكة حديد الجيزة الحالية بطول إجمالى ١٩ كم وبذلك فهو يربط محافظات القليوبية والقاهرة والجيزة لأول مرة بوسيلة نقل جماعى سريعة ومريحة وآمنة عابرة لأول مرة فى التاريخ أسفل ترعة الإسماعيلية التى تفصل بين محافظتى القليوبية والقاهرة وأسفل الفرع الغربى لنهر النيل الذى يفصل محافظتى القاهرة والجيزة - شكل (١) .

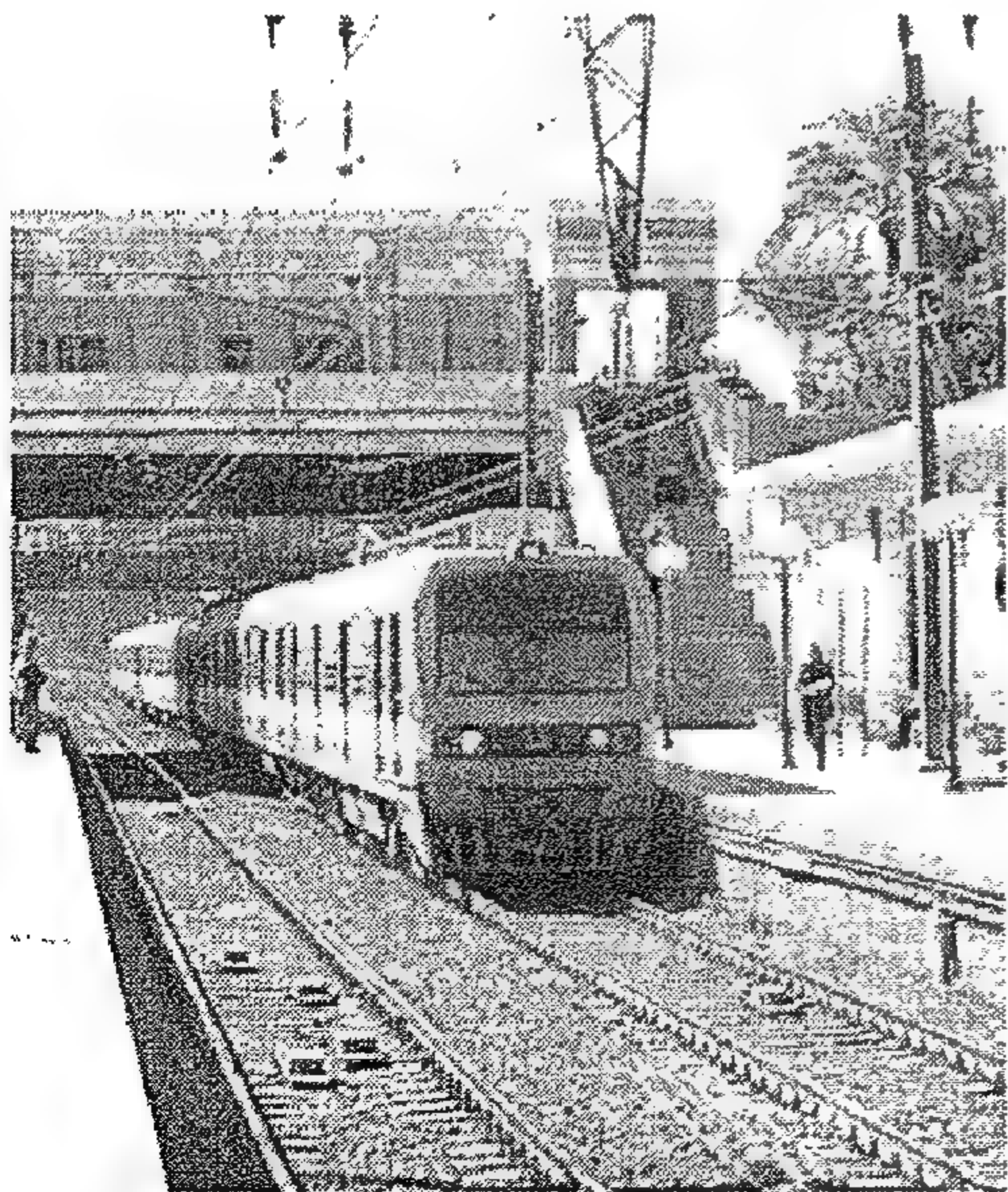
- يخدم الخط أكثر من ٤٠ مليون مواطن خدمة مباشرة فى التجمعات العمالية فى مناطق شبرا الخيمة وبولاق الدكرور والتجمعات السكنية فى مناطق شبرا والدقى والجيزة والمنطقة التجارية والخدمية فى منتصف المدينة ما بين ميدان رمسيس وميدان العتبة وميدان التحرير والتجمعات الطلابية فى منطقة جامعة القاهرة كما يقدم خدمة غير مباشرة للمواطنين فى مناطق القاهرة الأخرى والرواد اليوميين للقاهرة الكبرى .

- يحقق الخط تبادل الخدمة مع خطوط سكك حديد مصر وذلك عند محطة شبرا الخيمة للمترو المجاورة لمحطة شبرا للسكة الحديد وعند محطة مبارك للمترو المجاورة لمحطة سكة حديد مصر فى ميدان رمسيس وعند كل من محطة سكة حديد الجيزة ومحطة ضواحي الجيزة للمترو المجاورة لمحطة سكة حديد الجيزة ومحطة ضواحي الجيزة للسكة الحديد (تحت الإنشاء) وهو بذلك يقدم خدمة جيدة للمواطنين المترددين على القاهرة من خارجها .

- يحقق الخط تبادل الخدمة مع الخط الأول محطة مبارك فى ميدان رمسيس ومحطة السادات فى ميدان التحرير كما يحقق تبادل الخدمة مع الخط الثالث عند إنشائه وذلك من خلال ربطة بمحطة العتبة فى ميدان العتبة .



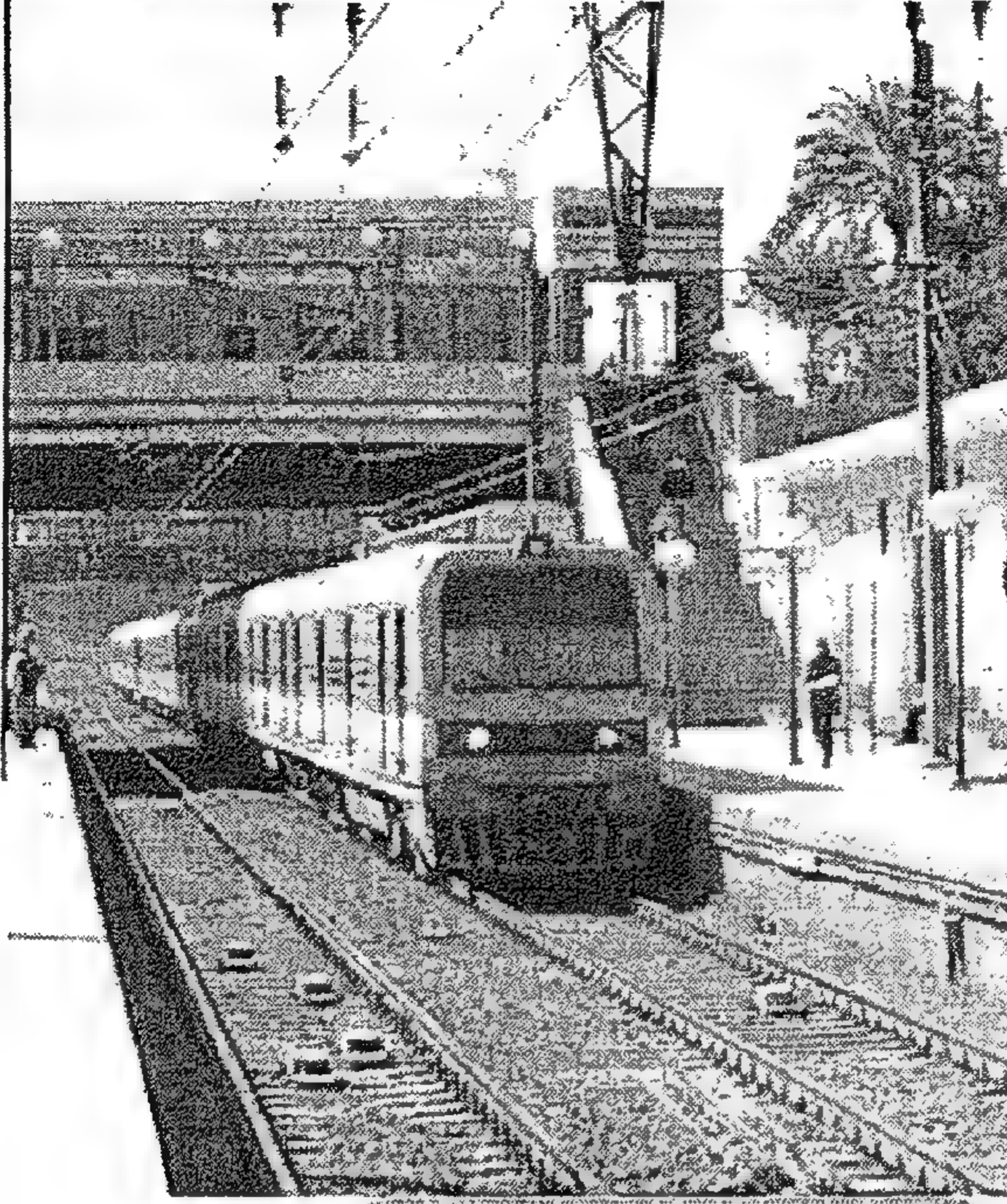
شكل (١) خطوط المترو في القاهرة



2

الإنشاءات المتميزة

مترو أنفاق القاهرة



الباب العادي عشر

مراحل تنفيذ محطات مترو الأنفاق

مراحل تنفيذ محطات مترو الأنفاق

شكل (١) .

المرحلة الأولى :

- تنفيذ الحوائط المرشدة Guide Wall

- تنفيذ الحوائط D . W

المرحلة الثانية :-

- أعمال حقن التربة بغرض غلق المسامات بين حبيبات التربة الرملية حتى يمكن سحب المياه من داخل المحطة وإجراء أعمال الحفر فى الحالة الجافة .

المرحلة الثالثة :-

- أعمال سحب المياه من داخل المحطة .

المرحلة الرابعة :-

- أعمال الحفر لتنفيذ البلاطة العلوية (Roof Slab)

المرحلة الخامسة :-

- تنفيذ البلاطة العلوية (Roof Slab)

- أعمال الحفر فى الداخل Access

المرحلة السادسة :-

- تنفيذ البلاطة العلوية للمداخل .

- أعمال الحفر للوصول لمنسوب بلاطات التشغيل Technical Slab

المرحلة السابعة :-

- صب بلاطة الـ Technical Slab

- أعمال الحفر فى المداخل للوصول لمنسوب بلاطة قطع التذاكر Ticket Slab

المرحلة الثامنة :-

- أعمال الحفر الوصول لمنسوب بلاطة الـ Raft
- توقيع وتنفيذ السنادات الأولى للحوائط First layer of Struts .
- تنفيذ أعمال العزل فى المداخل .

المرحلة التاسعة :-

- تنفيذ الطبقة الثانية من السنادات Second layer of Struts .
- تنفيذ بلاطة قطع التذاكر فى المداخل .

المرحلة العاشرة :-

- إستكمال أعمال الحفر للوصول لمنسوب الـ Raft

المرحلة الحادية عشر :-

- تركيب أعمال العزل فوق الخرسانة العادية للـ Raft

المرحلة الثانية عشر :-

- تنفيذ خرسانة اللبشة Raft

المرحلة الثالثة عشر :-

- إزالة السنادات (Struts)
- تنفيذ الكمرات (Corbels) بجوار الحوائط بكامل محيط المحطة .

المرحلة الرابعة عشر :-

- تركيب الكمرات الخاصة بماكينة حفر الانفاق .

المرحلة الخامسة عشر :-

- تنفيذ أعمال الأعمدة والحوائط بين منسوب اللبشة Raft
- والبلاطة الفنية Technical Slab .

المرحلة السادسة عشر :-

- تنفيذ الأعمدة والحوائط بين منسوب البلاطة الفنية وبلاطة قطع التذاكر
- تنفيذ بلاطة قطع التذاكر .

المرحلة السابعة عشر :-

- إيقاف أعمال سحب المياه .
- تنفيذ خرسانات الأرصفة .
- تكسير فى الحوائط لتخليق الفتحات بين المحطة والمداخل .

المرحلة الثامنة عشر :-

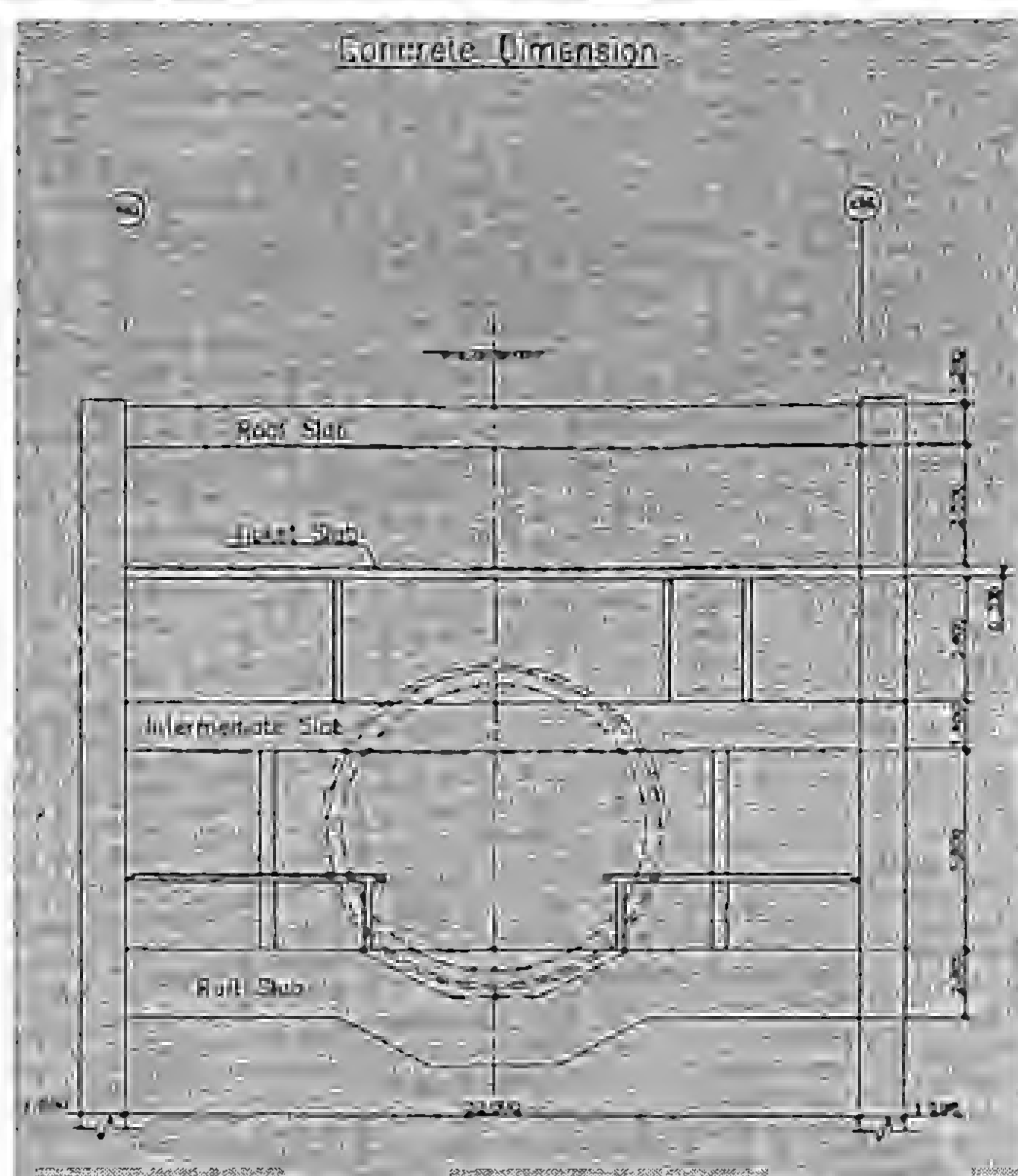
- بعد تركيب أو فك ماكينة حفر الأنفاق يتم إستكمال بقية خرسانة اللبشة .
- تشطيب الرصيف .

المرحلة التاسعة عشر :-

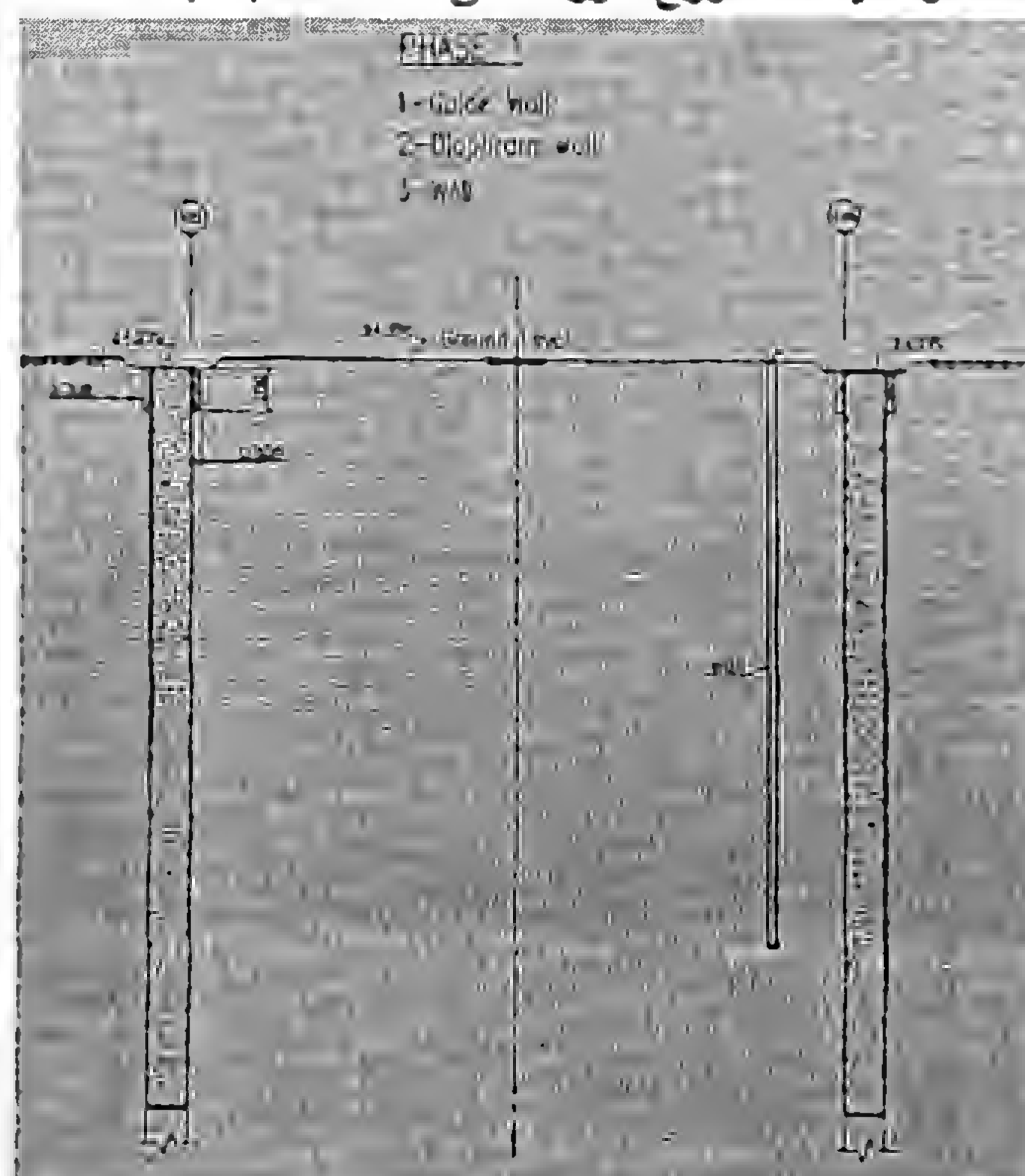
- استكمال إنهاء بلاطة اللبشة بعد رفع ماكينة حفر التفاف .

المرحلة العشرون :-

- استكمال غلق الفتحات الموجودة داخل المحطة وفى منسوب البلاطة العلوية وبلاطة قطع التذاكر والبلاطة الفنية والتي كانت مفتوحة بغرض أعمال الحفر والصب وتنفيذ الخرسانات المسلحة فى المحطة وعلى المناسيب المختلفة .



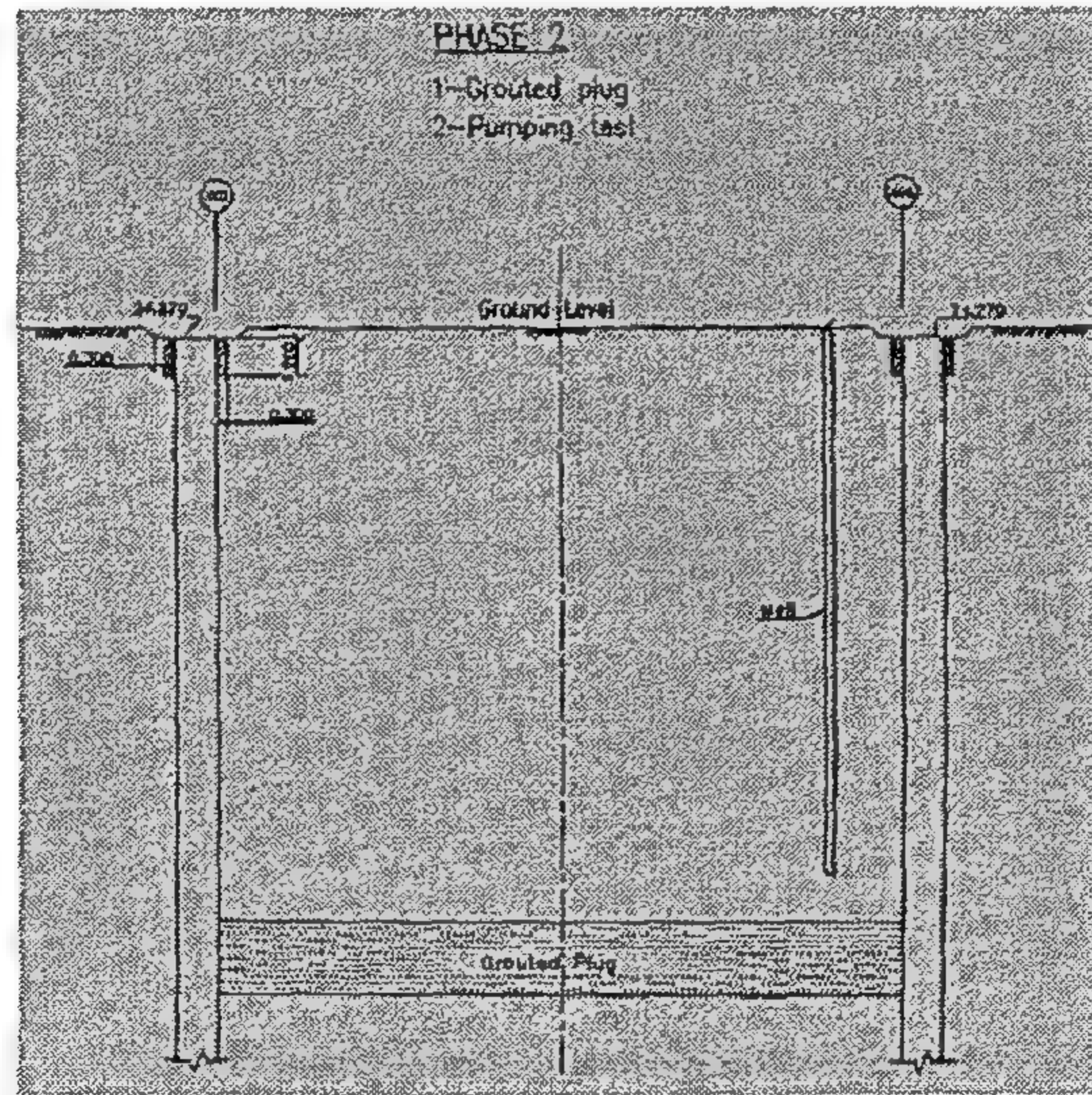
الأبعاد الخرسانية - مشروع مترو الأنفاق - محطة عبده باشا - القاهرة



المرحلة الأولى :

أشياء كمرات الدليل Guide Wall :

- ١ - تنفذ هذا الكمرات للتحكم في معدة الحفر و التقيد بمسار حائط الديافرام ، كما تكون الكمرات من الخرسانة المسلحة بقطاع مناسب لحجم حائط الديافرام ومعدة الحفر . تكون المسافة بينهما = سمك حائط الديافرام + ٥ سم ، كما يكون السطح العلوي للدليل مع منسوب سطح الأرض .
- ٢ - تنفيذ حائط الديافرام - يرجى مراجعة باب حوائط الديافرام .
- ٣ - دق وتنفيذ البئر الجوفي وكذلك البيزومتيرات (النهاية السفلية للبئر أعلي من منسوب طبقة الحقن) لغرض تجربة الضخ وأختبار طبقة الحقن السفلي .

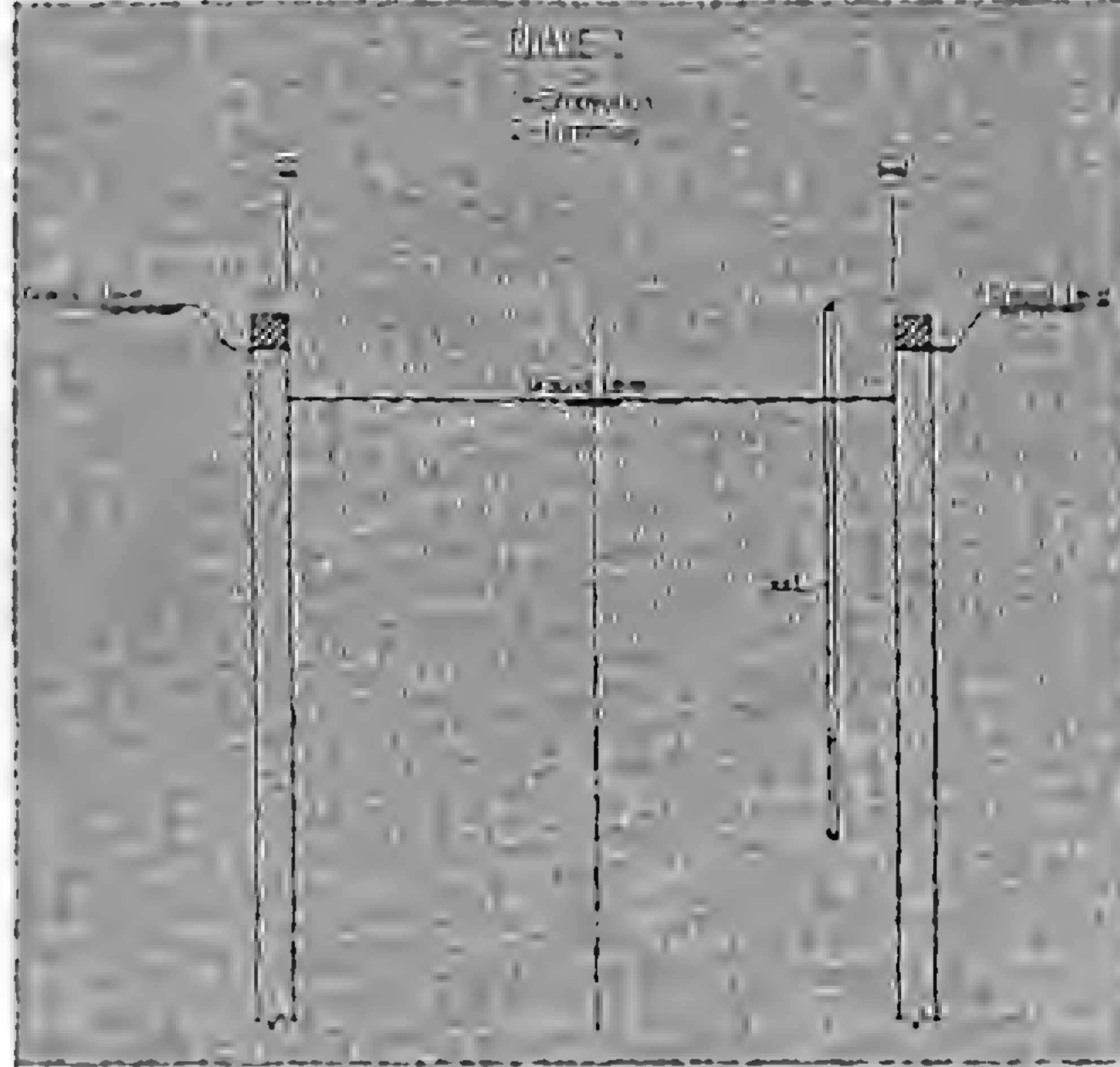


المرحلة الثانية :

- ١ - تنفيذ طبقة الحقن السفلية .

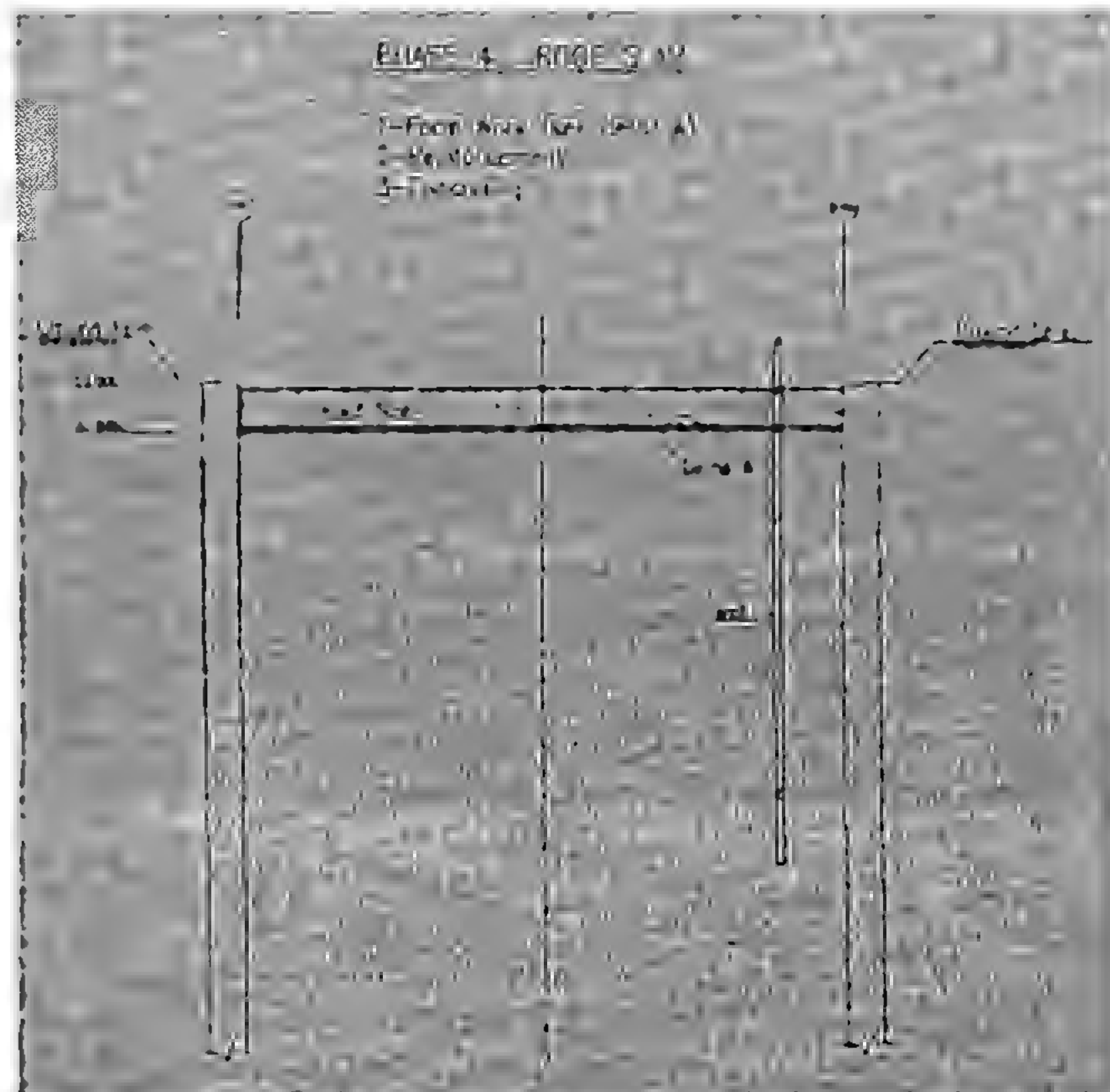
الهدف هو عمل طبقة حقن من ساليكات الصوديوم Soft Gel بين حوائط الديافرام و أسفل منسوب أرضية المحطة لمنع رشح المياه الجوفية الي المحطة أثناء الإنشاء ولمدة عامين . تكون النفاذية لطبقة الحقن $= 1 \times 10^{-6}$ م / ث .
تصمم سمك طبقة الحقن بحيث تحقق فرق هيدروليكي Hydraulic Gradient أقل من أو $= 3$.

- ٢ - عمل اختبار الضخ للتحقق من كفاءة طبقة الحقن .
يرجى الرجوع الى طريقة الحقن آخر هذا الباب .



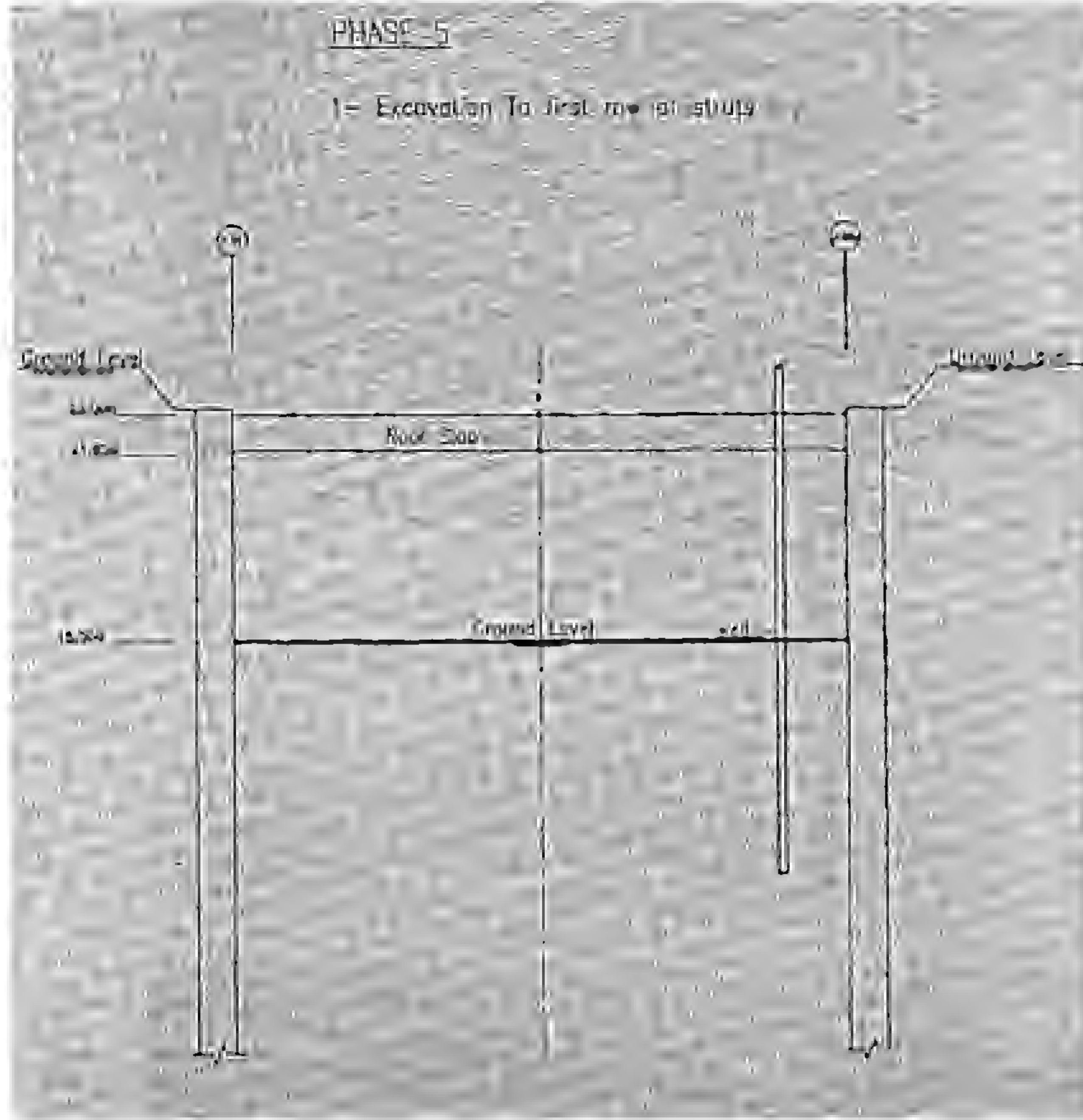
المرحلة الثالثة :

- ١ - بدء أعمال الحفر بين الحوائط حتي منسوب قاع البلاطة العليا (السقف) للمحطة.



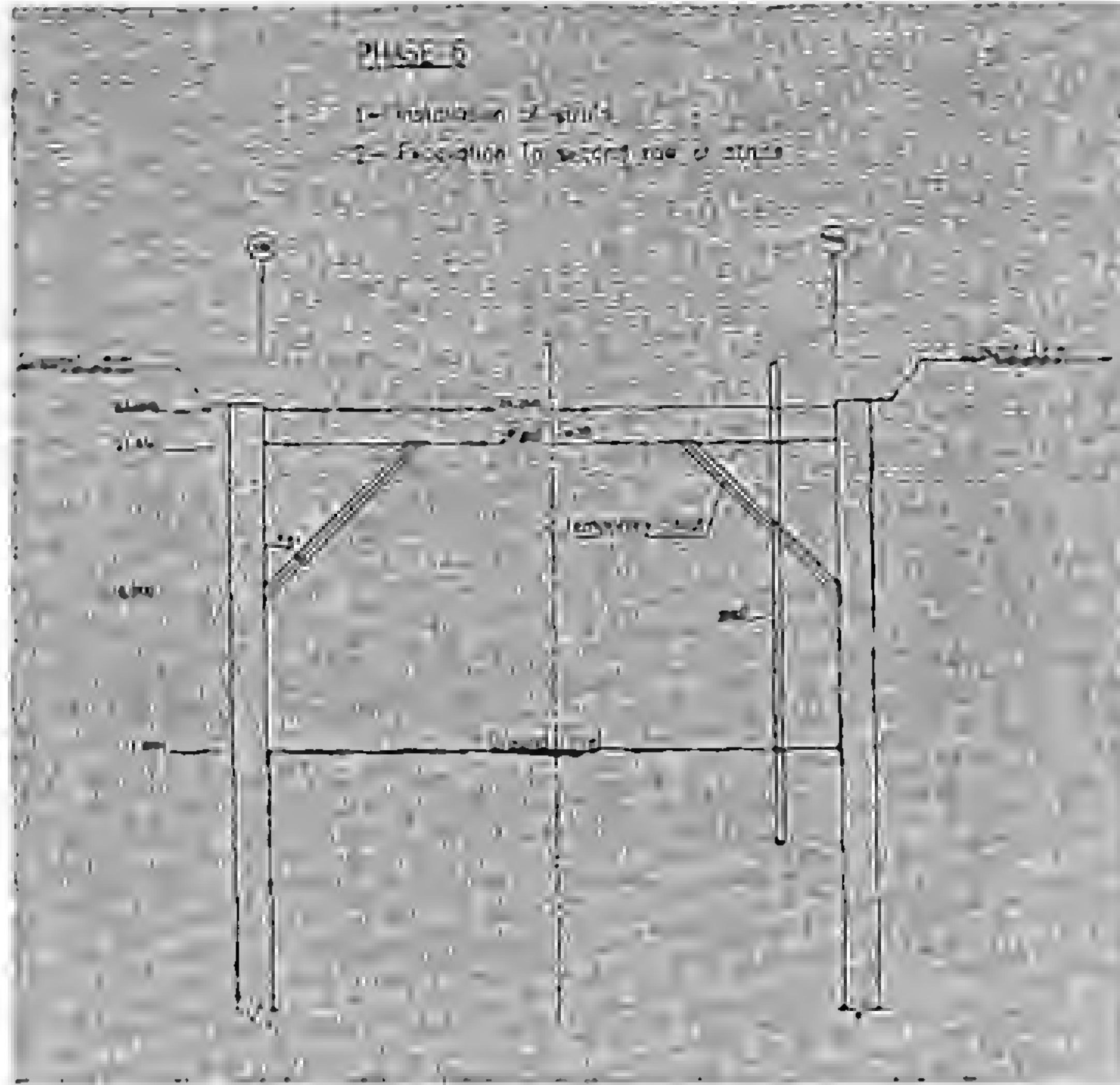
المرحلة الرابعة :

- ١ - تجهيز شدة السقف العلوي :
فرشة أفقية عبارة عن طبقة خليط من ١٥ سم رمال + أسمنت مدموك .
تغطي هذه الطبقة بالأواح ويزافورم الخشبية لتكون سطحاً أفقياً و أملس .
- ٢ - نبدأ أعمال حديد التسليح اللازم للسقف .
- ٣ - يتم صب بلاطة السقف العلوي وعمل المعالجة المطلوبة .



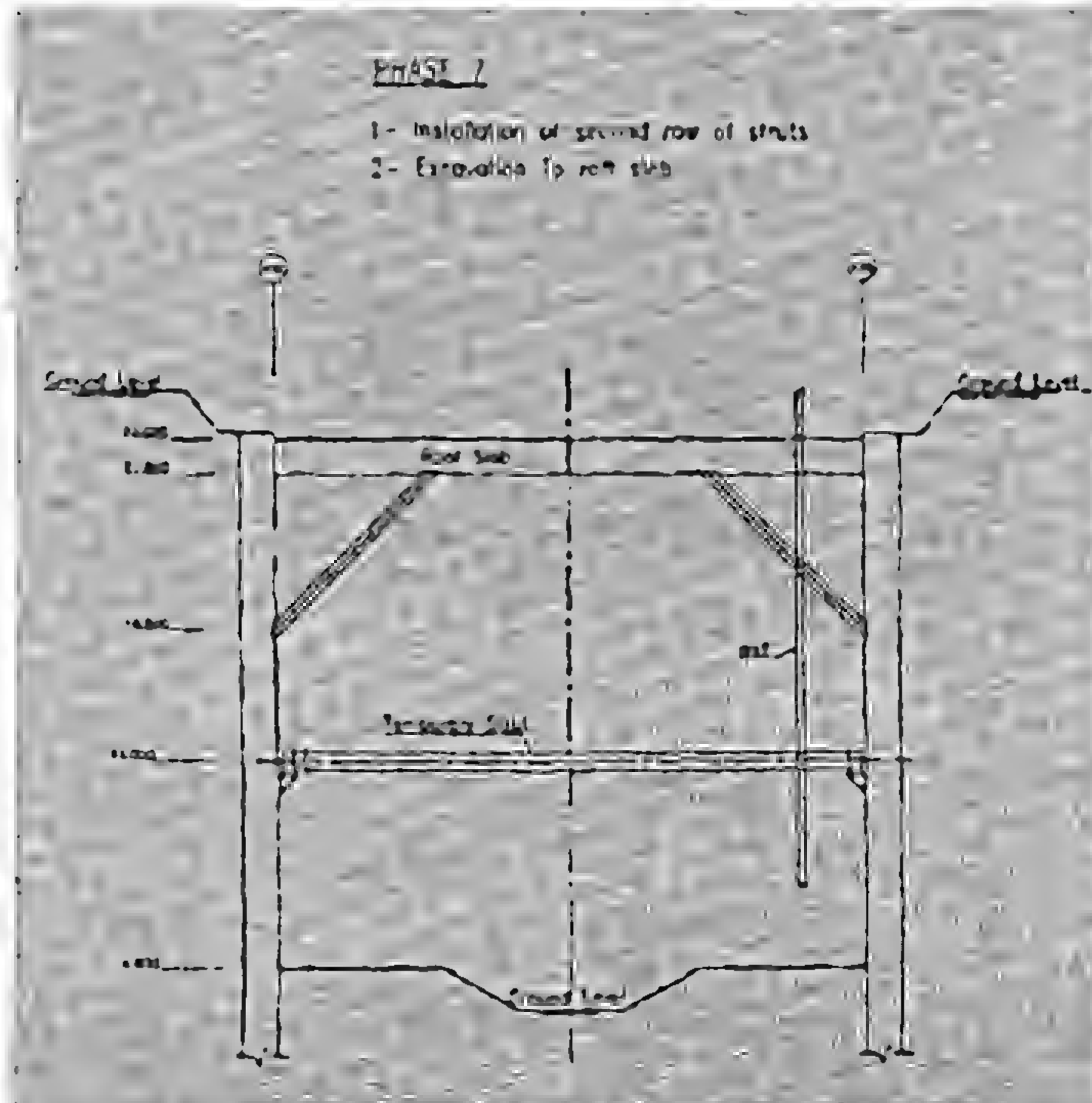
المرحلة الخامسة :

- ١ - الحفر حتى منسوب أول صف من الدكم .



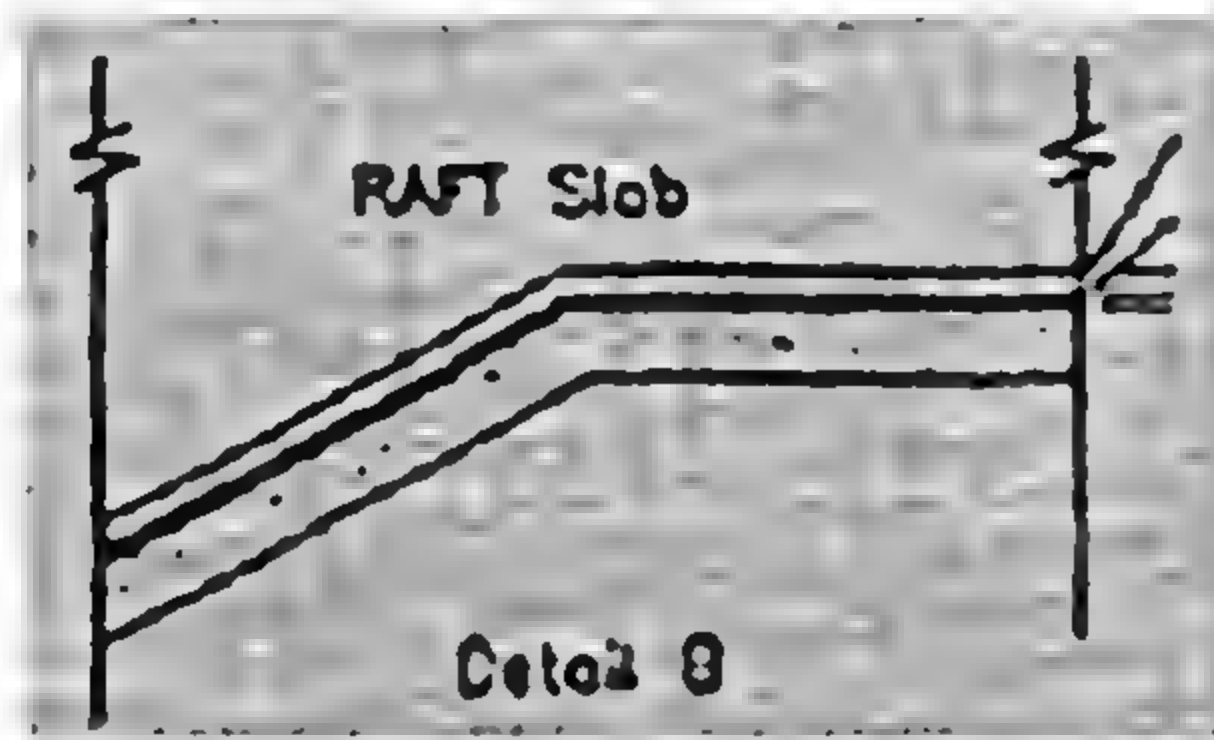
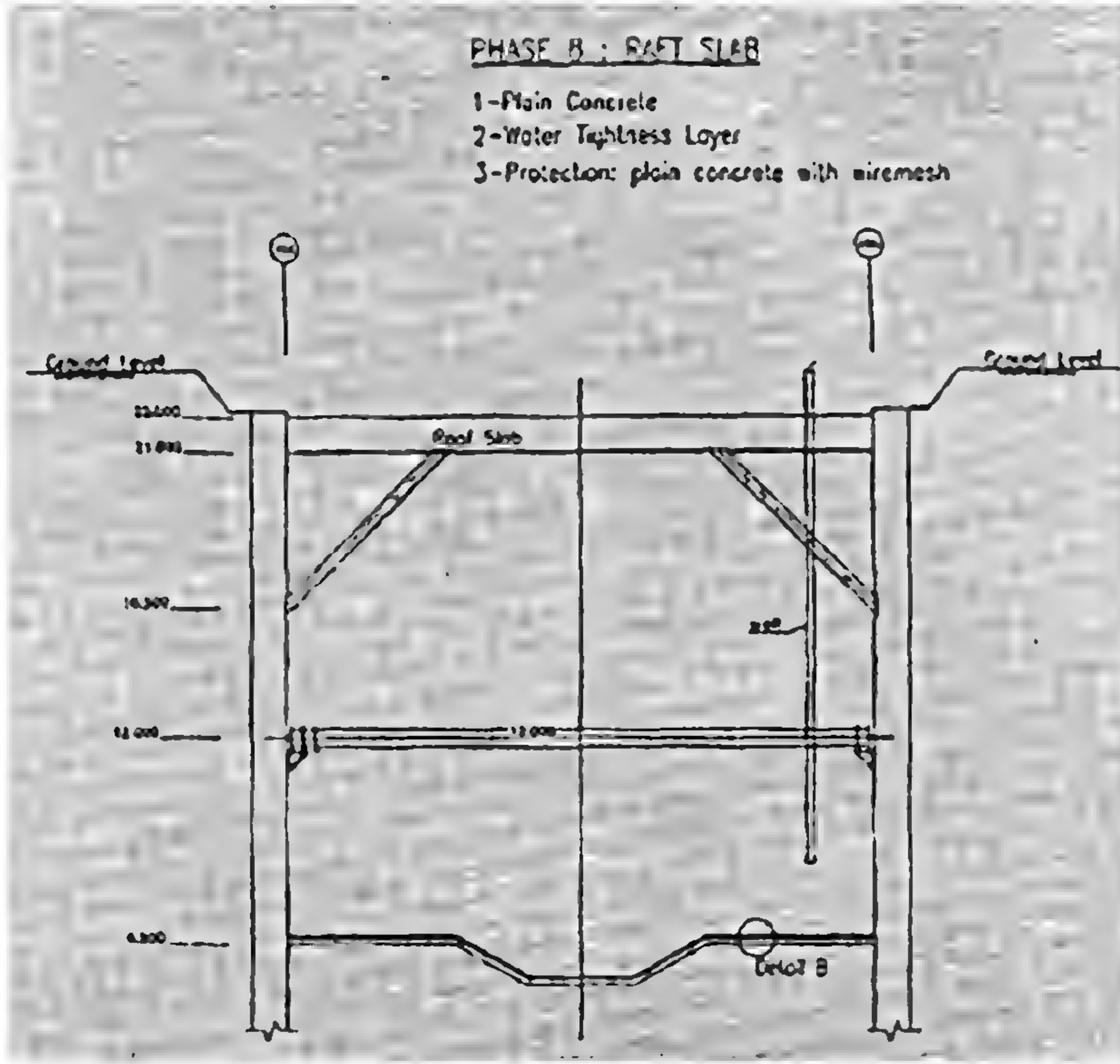
المرحلة السادسة :

- ١ - تركيب الدكم المعدنية لسند حوائط الديافرام .
- ٢ - استكمال الحفر حتى منسوب الصف الثاني من الدكم .



المرحلة السابعة :

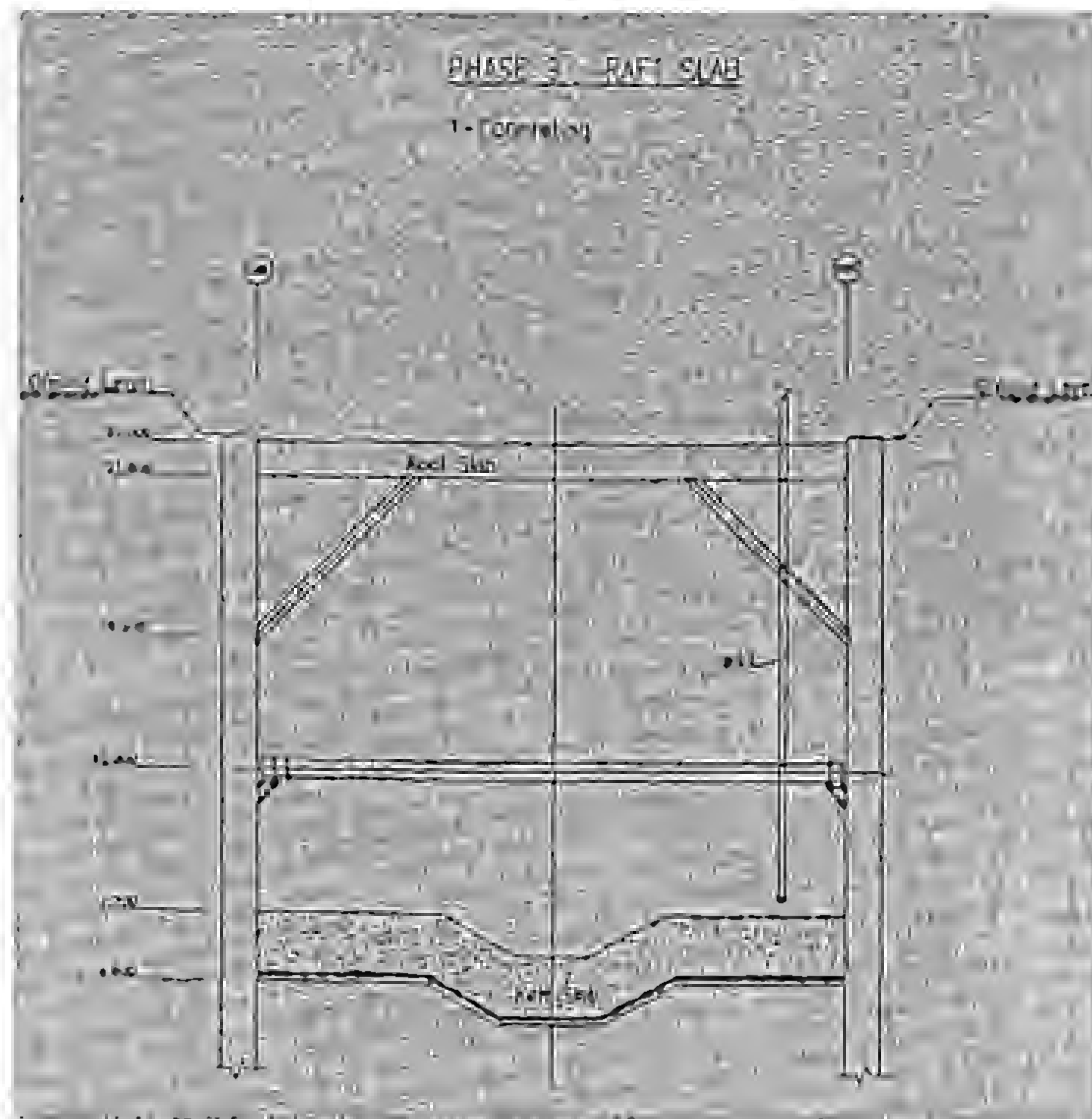
- ١ - تركيب الصف الثاني من الدكم .
- ٢ - استكمال الحفر حتي منسوب البلاطة المسلحة .



تفاصيل الأرضية

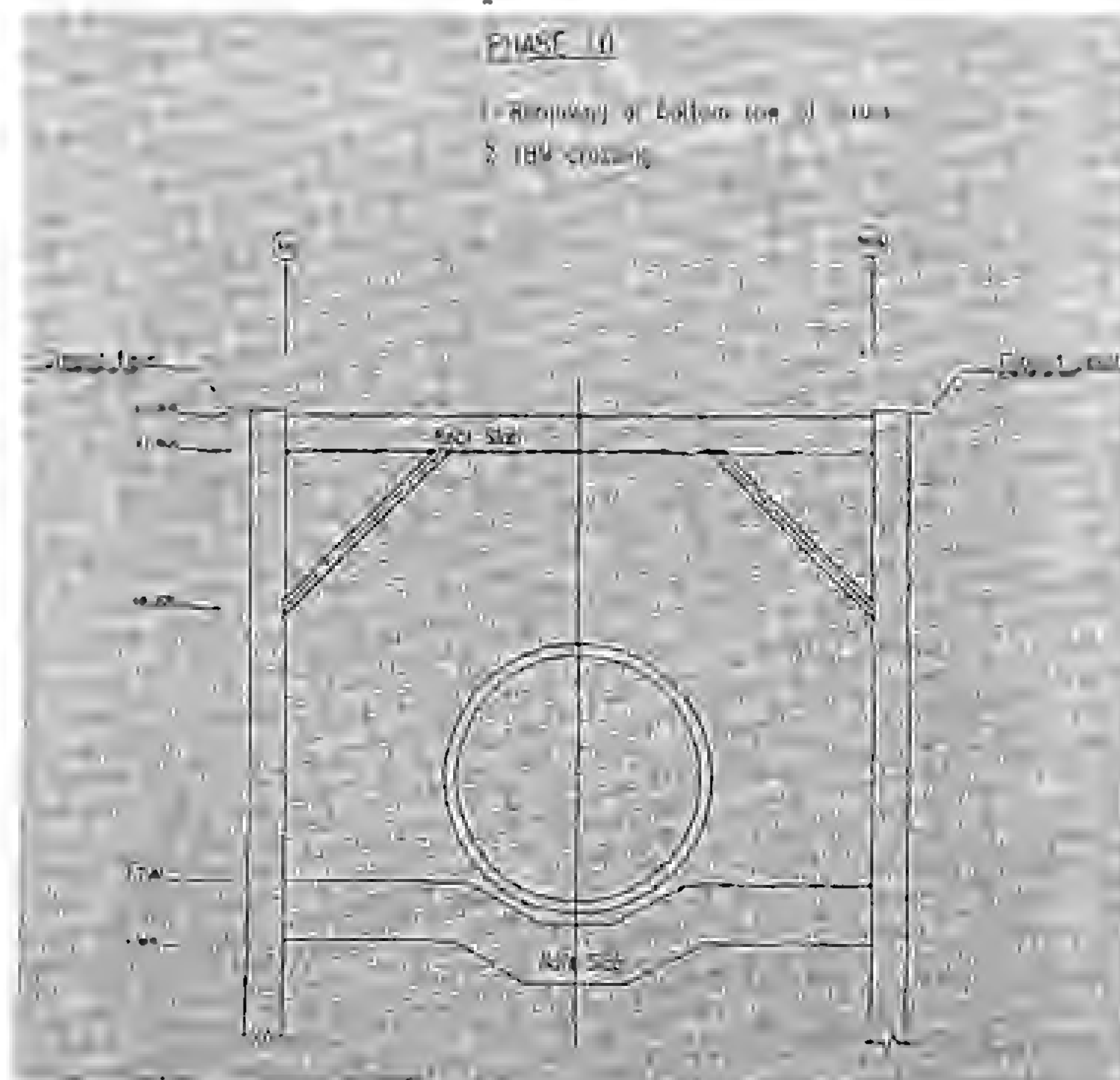
المرحلة الثامنة :

- ١ - صب طبقة الخرسانة العادية أسفل الأرضية .
- ٢ - وضع وتركيب طبقات العزل واختبارها .
- ٣ - صب طبقة خرسانية مسلحة تسليحا خفيفا لحماية لطبقات العزل .



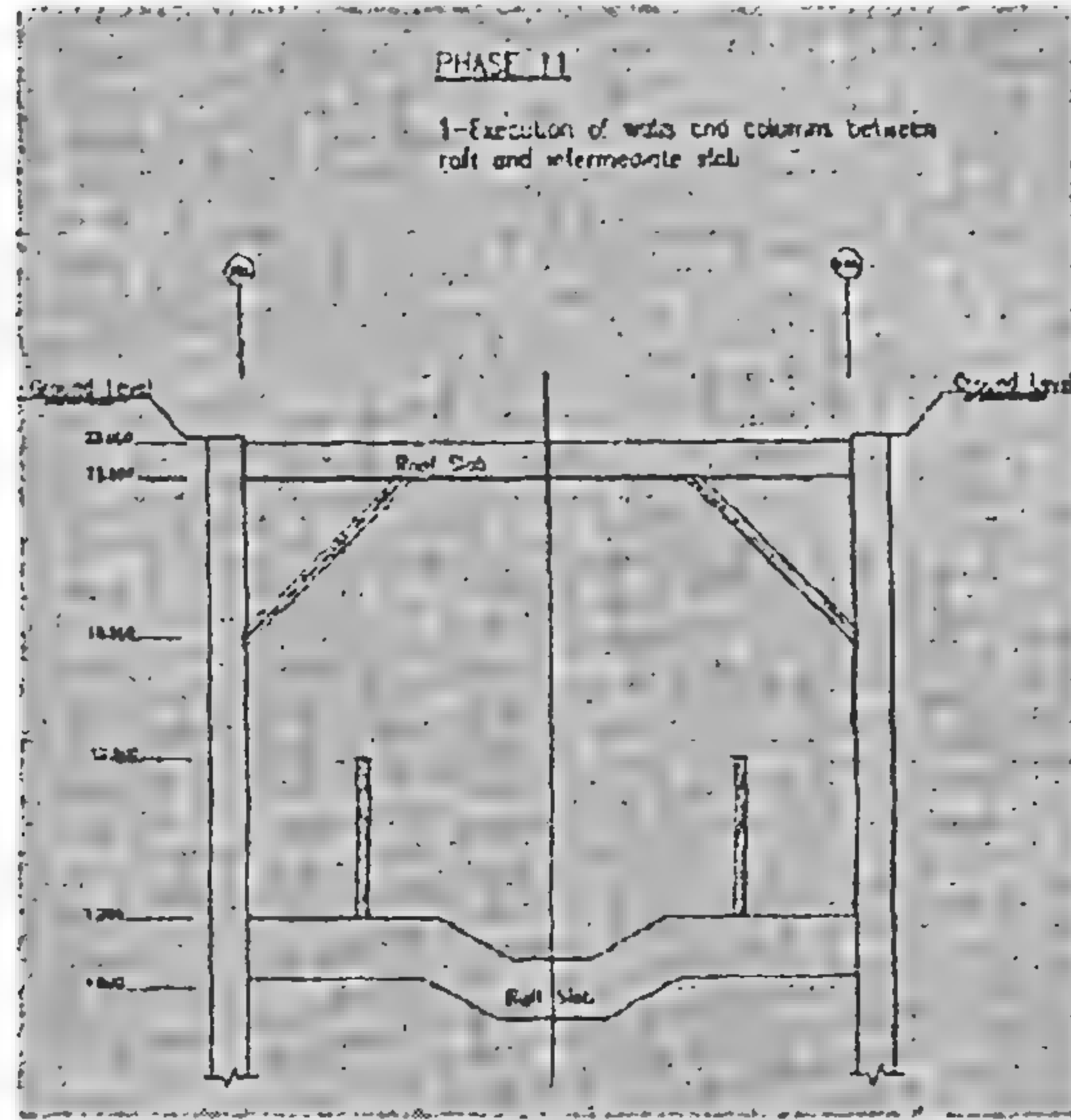
المرحلة التاسعة :

١ - صب الخرسانة المسلحة للبلاطة السفلي للمحطة .



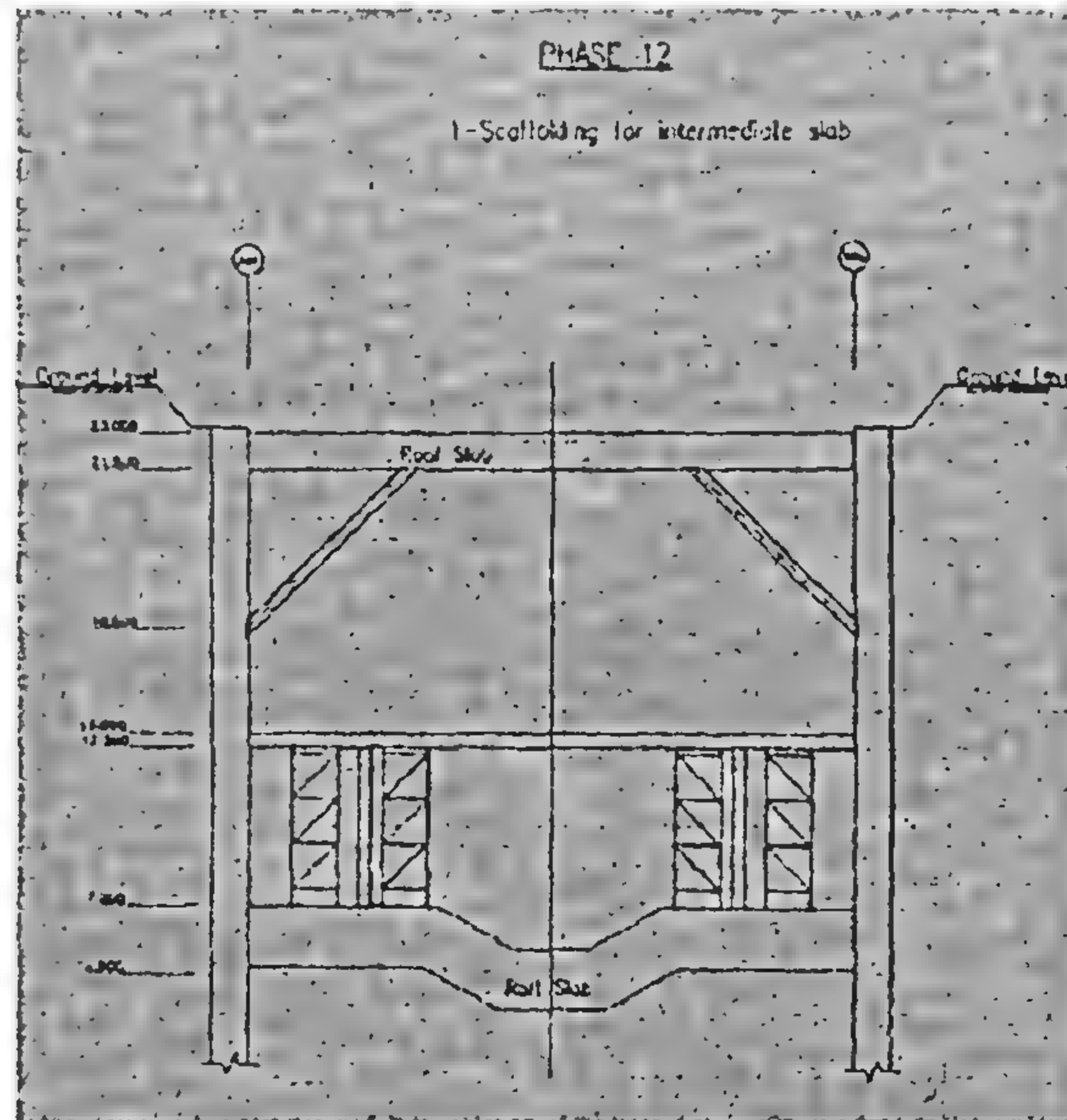
المرحلة العاشرة :

- ١ - إزالة الصف الثاني للدكم للسماح بالحركة لمعدة حفر النفق .
- ٢ - تركيب وتجهيز معدة حفر النفق لبدأ العمل .



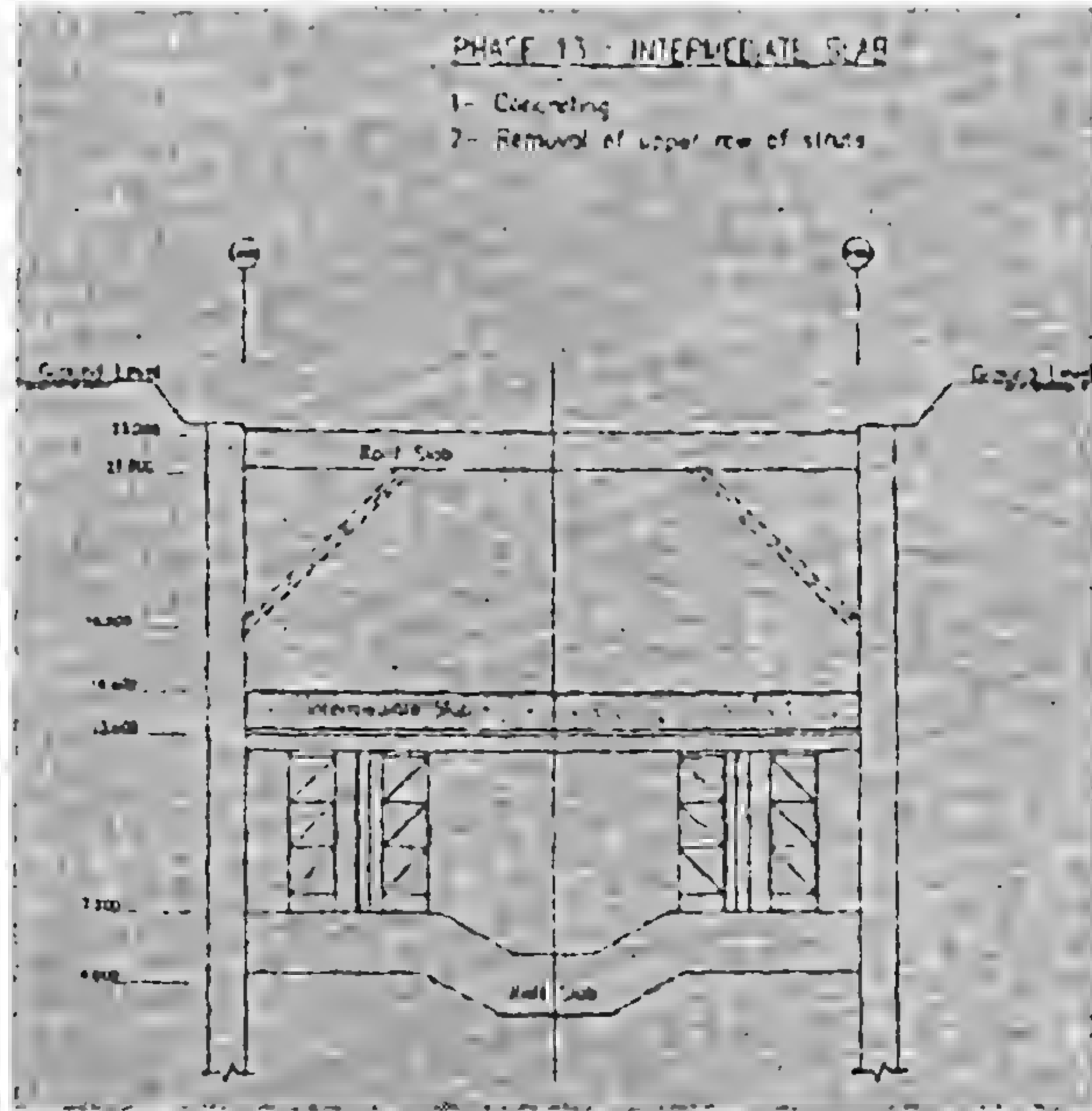
المرحلة الحادية عشر :

- ١ - إنشاء الحوائط الداخلية والأعمدة الخرسانية الموجودة بين حصيرة الأرضية و السقف الأوسط .



المرحلة الثانية عشر :

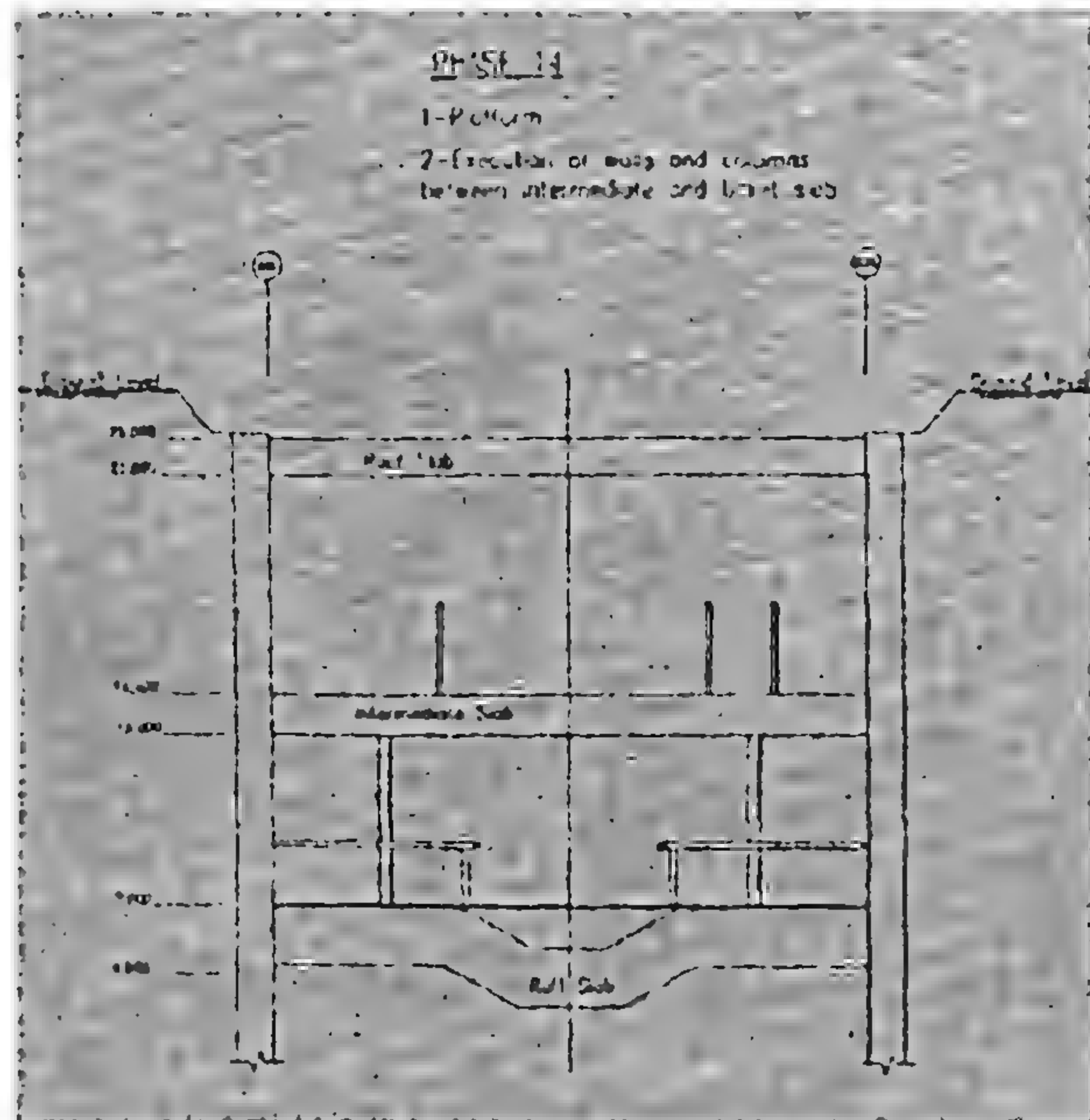
١ - تجهيز وعمل الشدات لزوم السقف الأوسط .



المرحلة الثالثة عشر :

١ - صب بلاطة السقف الأوسط .

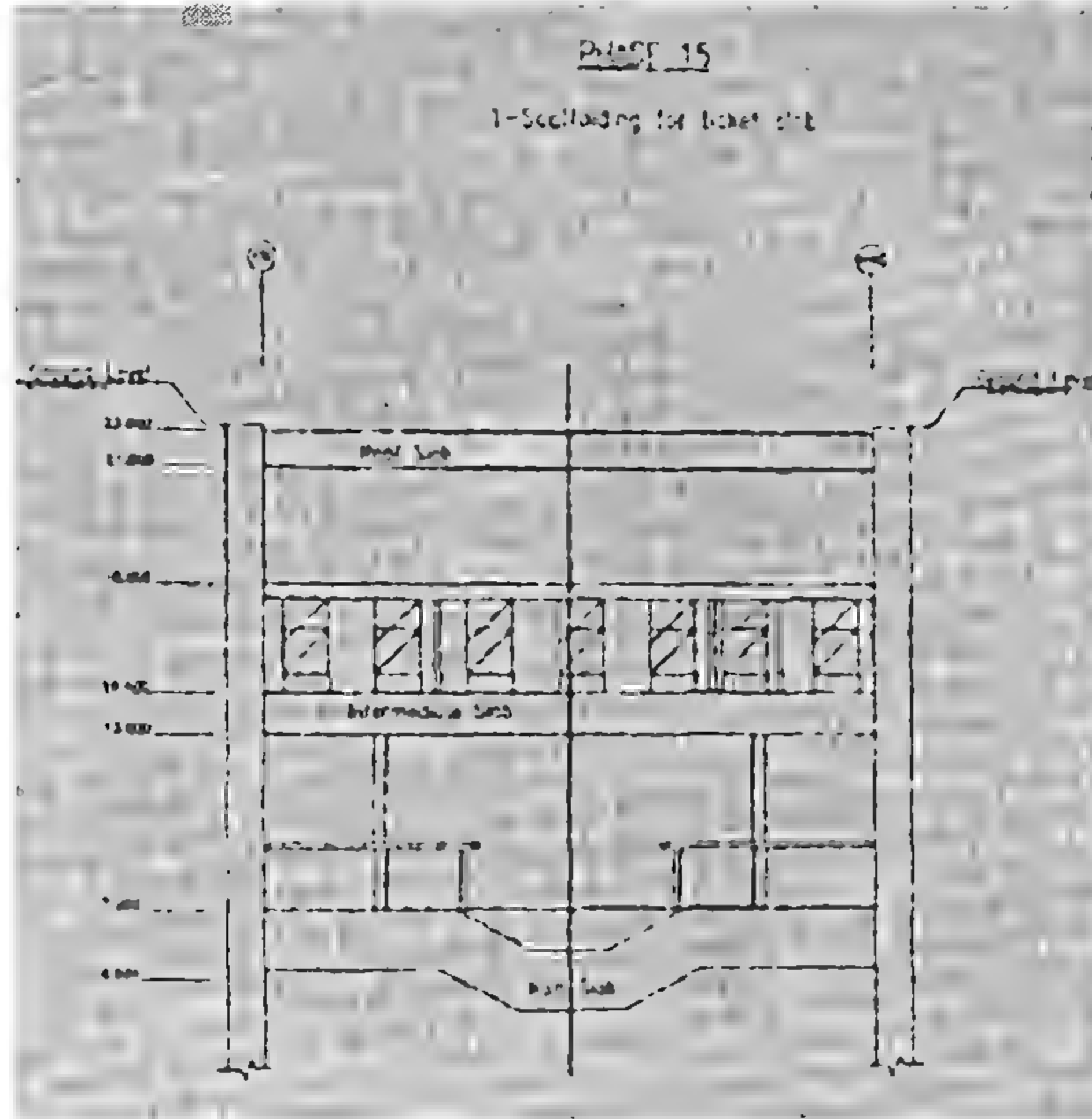
٢ - إزالة صف الدكم العليا .



المرحلة الرابعة عشر :

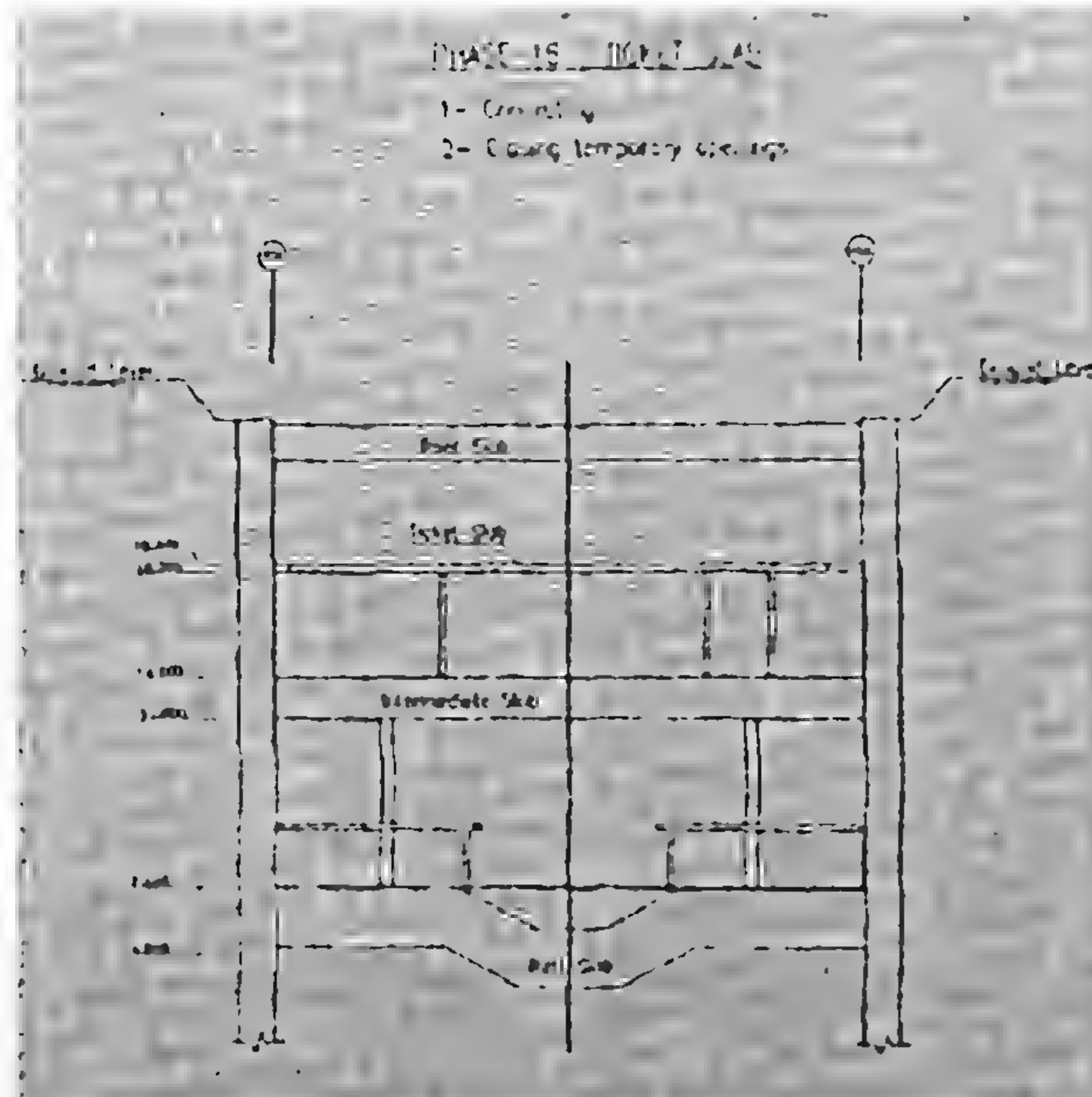
١ - إنشاء الأرصفة بالمحطات .

٢- إنشاء الحوائط والأعمدة المسلحة بين السقف الأوسط وبلاطة سقف قطع التذاكر



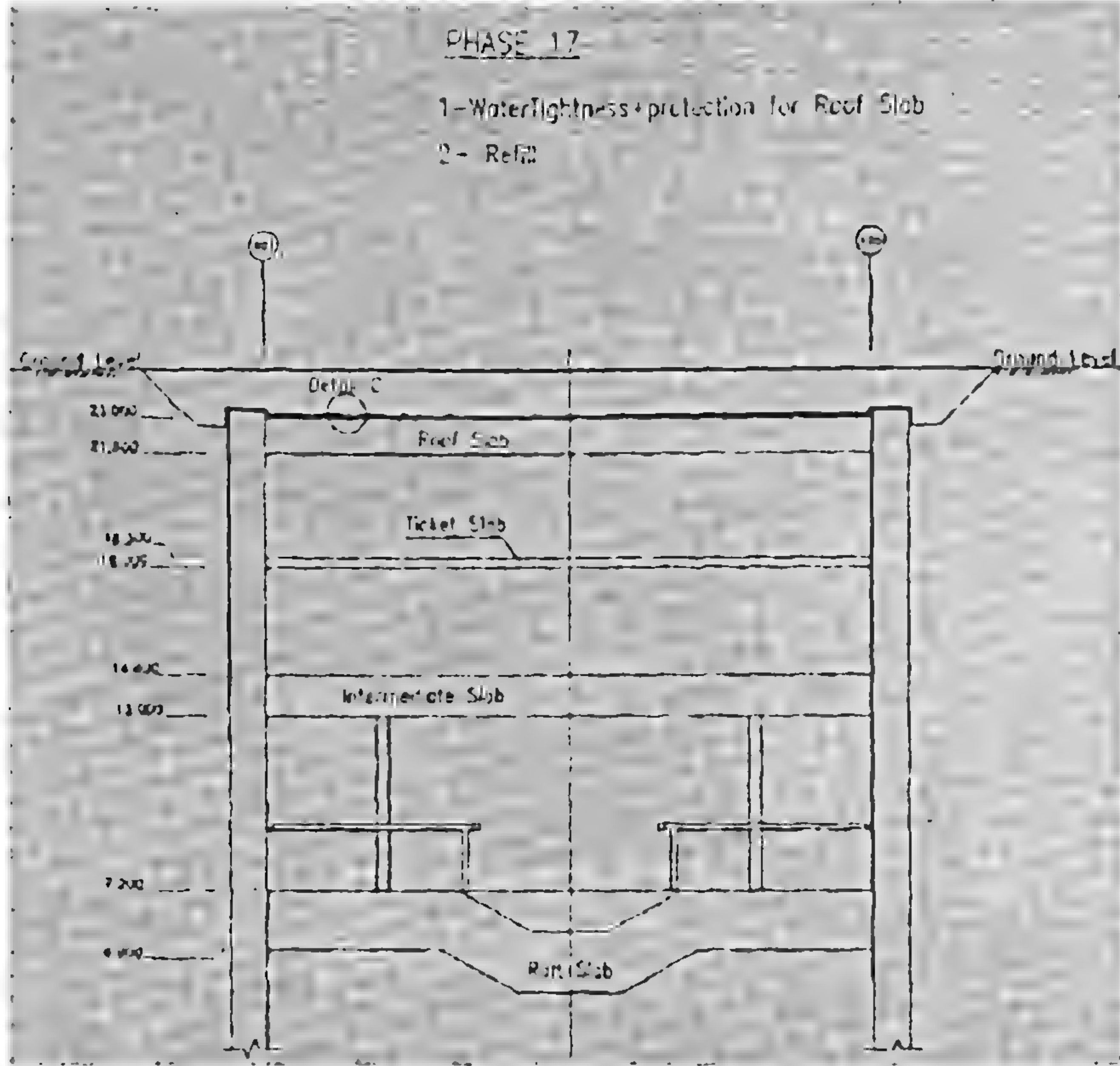
المرحلة الخامسة عشر :

١ - عمل الشدات لسقف مكان قطع التذاكر .



المرحلة السادسة عشر :

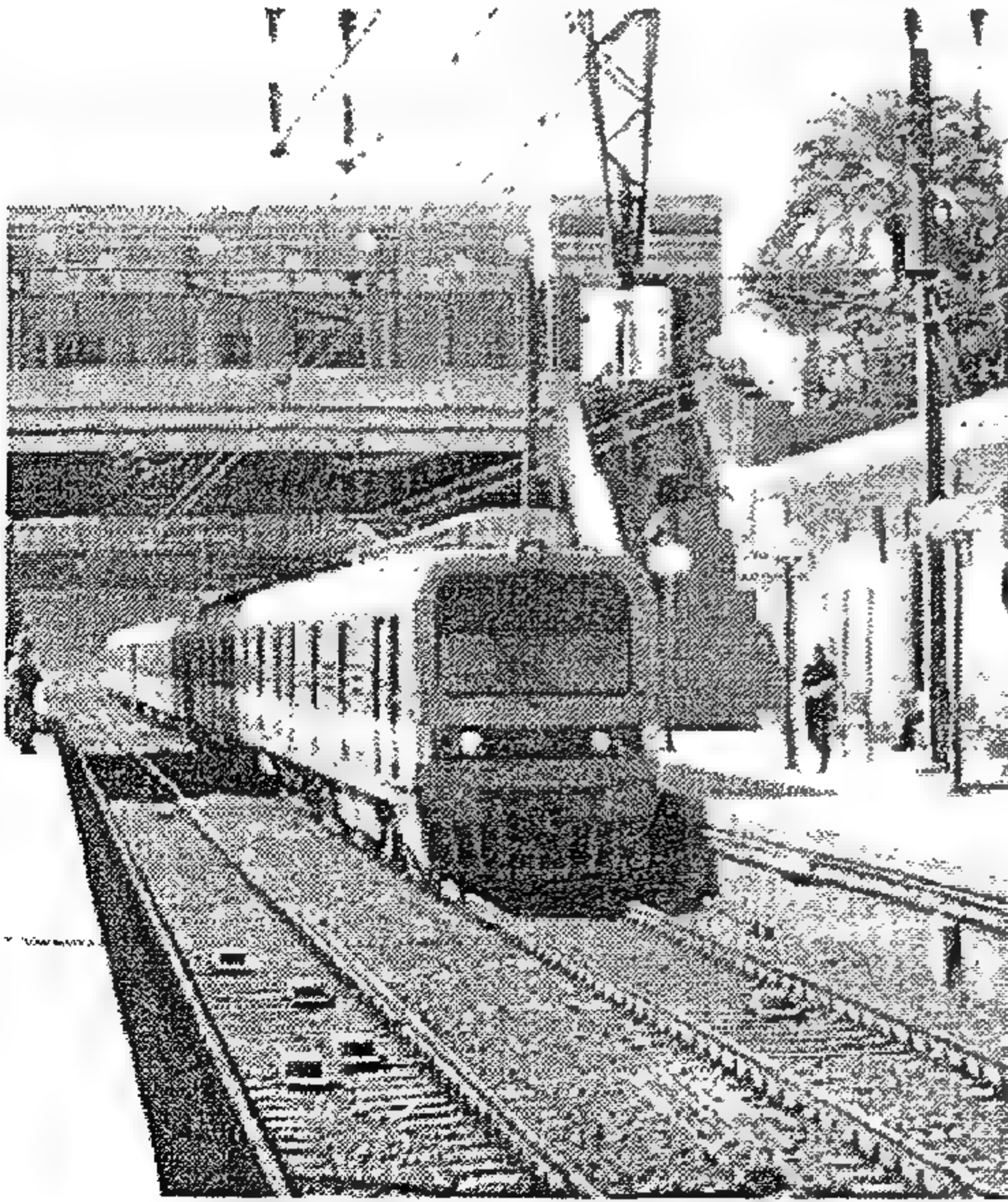
- ١ - صب الخرسانة المسلحة لسقف مكان قطع التذاكر .
- ٢ - سد الفتحات المتواجدة بالسقف مثل فتحة نزول المعدات . . .



شكل (٧) تتابع تنفيذ محطات مترو الأنفاق

المرحلة السابعة عشر :

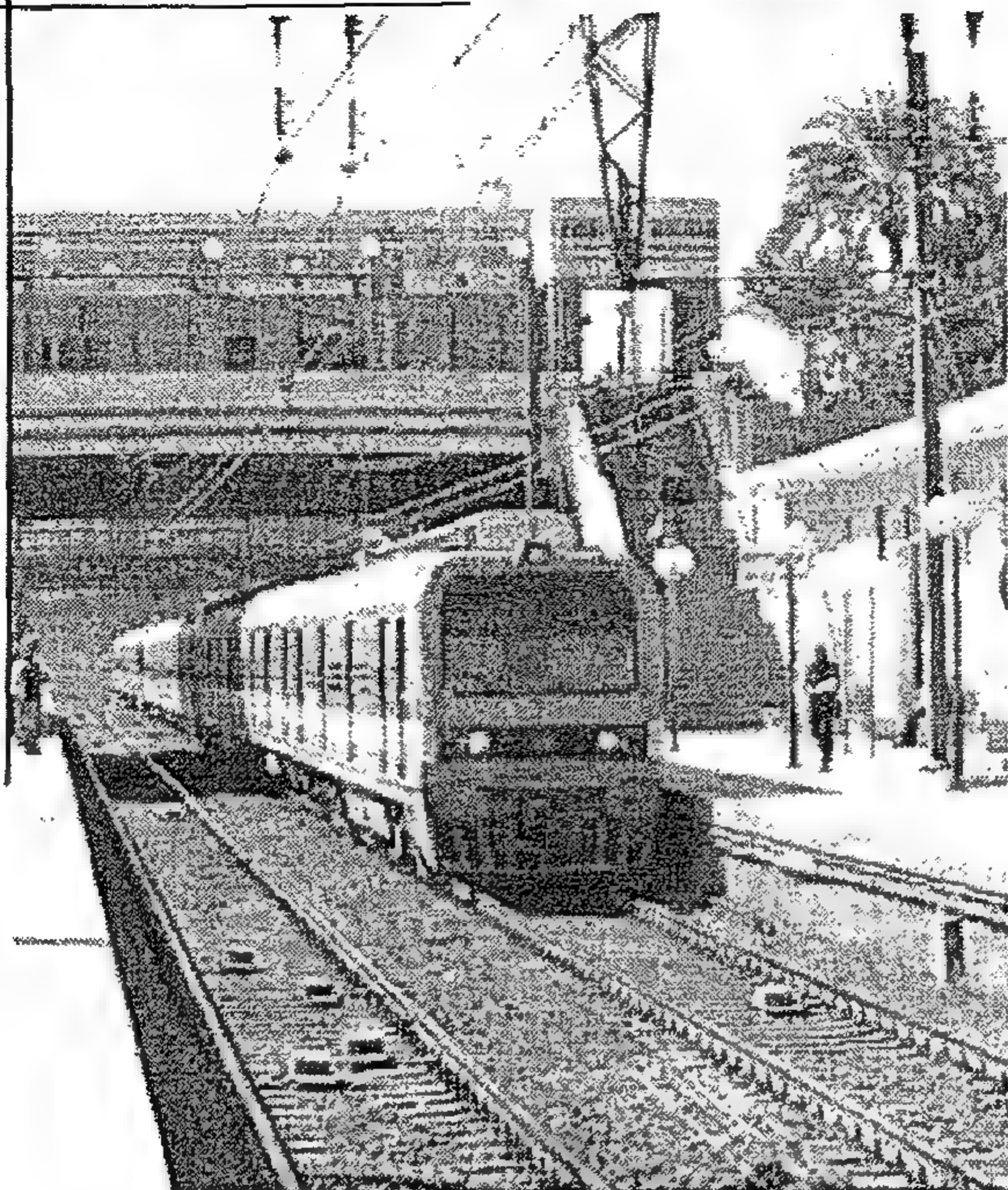
- ١ - عزل السقف النهائي ضد رشح المياه .
- ٢ - الردم والتسوية ورفع المخلفات .



2

الإنشاءات المتميزة

منارة انفاق القاهرة



الباب الثاني عشر

خطوات تنفيذ أعمال حقن التربة

خطوات تنفيذ أعمال حقن التربة

(الحقن بمحلول الأسمنت والبنطونيت - الحقن بالجل الطرى)

Method Statement of B/C Grouting & Soft Gel Grouting

مقدمه :

تهدف عملية حقن التربة إلى غلق الفراغات بين حبيبات الرمل حتى يمكن سحب المياه من داخل المحطة بغرض تنفيذ أعمال الحفر فى حاله الجافه ولتجنب هبوط منسوب المياه الجوفيه خارج المحطة وأسفل المنازل المجاوره للمحطة . توضح الخطوات التالية الإجراءات التى يجب إتباعها لتنفيذ أعمال حقن التربة باستخدام الحقن بالأسمنت أو الحقن الطرى + البنتونايت Cement Grout - Soft Gel & Bentonite طبقاً للمواصفات الفنية والرسومات التصميمية والتنفيذية للوصول إلى الجودة المطلوبة فى تنفيذ الأعمال .

تتم عملية الحقن على ثلاث مراحل :

- الحقن بمحلول الأسمنت والبنطونيت B / C
- الحقن بمحلول SOFT GEL
- مرحلة التحكم وتحليل النتائج وإعادة الحقن فى بعض النقاط بمحلول SOFT GEL أو B / C

تعليمات التشغيل :

المرحلة الأولى Cement Bentonite Mixture

تهدف عملية الحقن بمحلول الأسمنت والبنطونيت الى ما يلى :

- تحسين التصاق التربة بالحوائط.
- تثبيت الجلب Sleeves فى أماكنها.
- تقليل مسامية التربة.
- نسبة ال B / C فى حدود ١٣ % - ٢٠ % من حجم التربة المحقونه.

مكونات خلطة الـ B / C

بنيتونيت	أسمنت	مياه	ملدن
٣٥ كجم / م ^٣	٢٥٠ كجم / م ^٣	٩٠٠ لتر / م ^٣	١,٥ لتر / م ^٣

خواص محلول الـ B / C

- وزن وحدة الحجم = ١,١٩٨ طن / م^٣
- اللزوجة = ٤٠ - ٥٠ ثانية
- زمن الشك الابتدائي = ١٦ ساعة

المرحلة الثانية Silica Gel Treatment :

- تهدف هذه المرحلة إلى ملء فراغات التربة بحيث تكون نسبة الحقن = ٣٥ - ٤٠ % من حجم التربة الكلى .

مكونات محلول Soft Gel

$$\alpha = \text{بيكربونات صوديوم} / \text{سيليكات}.$$

$$\beta = \text{مياه} / \text{سيليكات}.$$

- يلاحظ أن زيادة α تعطى زمن شك قليل ومقاومه عاليه وعلى العكس β .
- سيليكات صوديوم ١٤٠ لتر
- محلول البيكربونات ٣٧٠ لتر
- بيكربونات بودره ١٨ كجم
- مياه ٤٩٠ لتر

خواص محلول Soft Gel :

- اللزوجة < ٣٢ ثانية
- زمن الشك < ٦٠ دقيقه
- وزن وحدة الحجم ١,٠١٨ طن / م^٣
- العمر الافتراضى للمحلول فى حدود عامين

المرحلة الثالثة : Control Grouting With B / C or Silica Gel

- يتم تحليل نتائج الحقن فى المرحلة الأولى والثانيه بهدف الحصول على معلومات حقيقيه عن التربه المحقونه نظراً لتفاوت قطاعات التربه فى بعض المناطق عما هو موجود بتقرير الجسات.
- إذا كانت كمية الحقن طبقاً للكميه النظرية ولكن ضغط الحقن أقل من الضغط النظرى فهذا يعنى أن التربه يمكنها قبول كميه اخرى من الحقن.
- إذا كان ضغط الحقن طبقاً للضغط النظرى ولكن كمية الحقن أقل من الكميّه النظرية فهذا يعنى أيضاً أن التربه يمكن أن تقبل كميه أخرى من الحقن.

رابعاً : خطوات التنفيذ Work Procedures

مرحلة إعداد المنطقة للعمل : Preparation of the Working area

- يتم إزالة وتحويل جميع المرافق قبل البدء فى العمل .
- رصف الموقع وتحديد منسوب الرصف ورفع الموقع مساحياً.

مرحلة اعمال التخریم : Implementation of the drilling

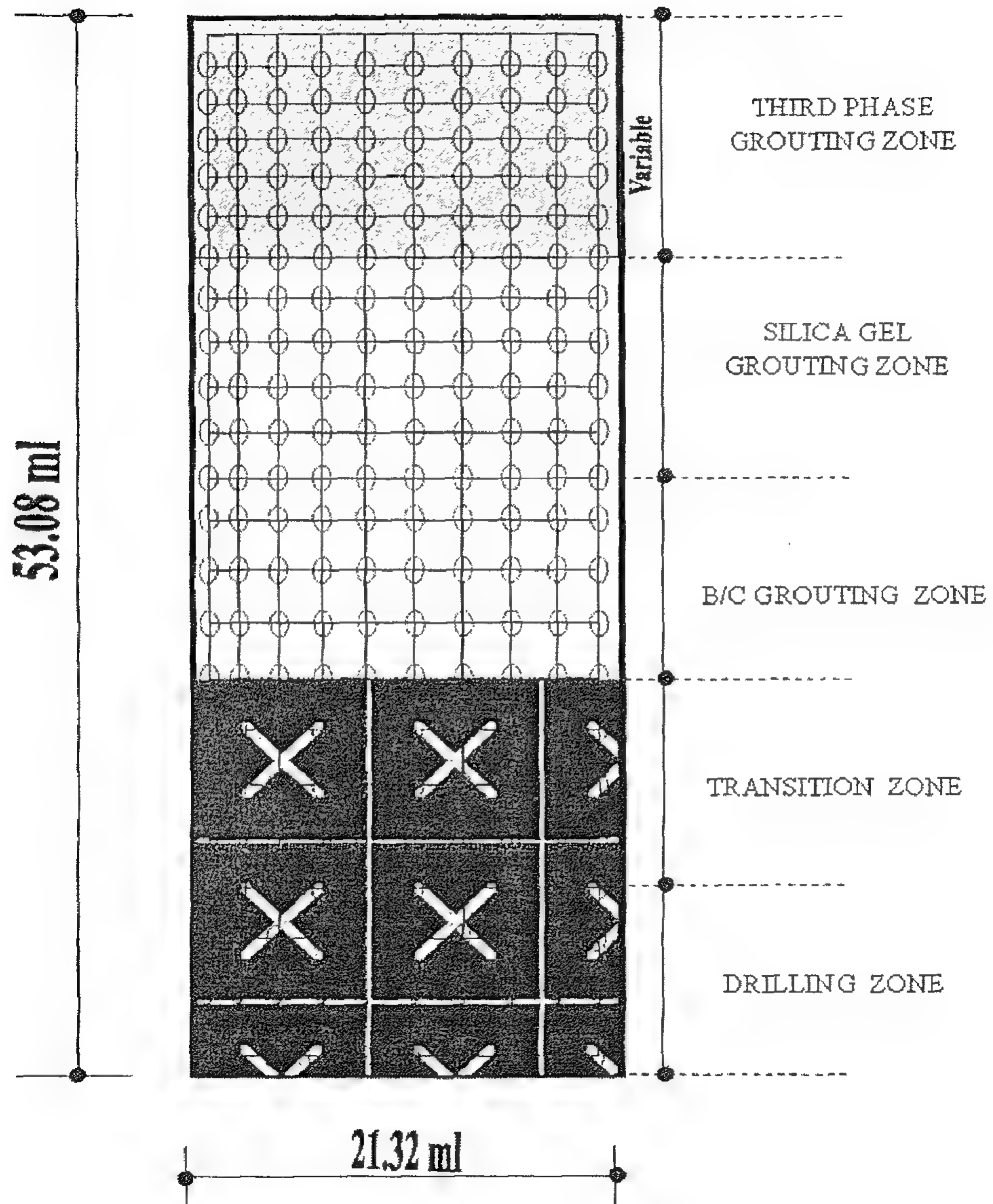
- توقيع نقط التخریم جيداً قبل البدء.
- توضع أرقام نقط التخریم والمحاور على طبقات الرصف.
- يستخدم المحفر الدوار مع محلول البنتونيت للنزول للأعماق المطلوبه مع المحافظه على التربه من التهييل.
- عند الوصول إلى العمق النهائى يستبدل محلول البنتونيت بمحلول ال B / C
- يتم فتح ال Sleeves بواسطة ال Packer عند ضغط ١٠٠ بار (١٠٠ Bar)
- يرسل محلول ال B / C خلال مواسير الحقن
- يتم إيقاف الحقن عند الوصول إلى:
- كمية الحقن للجلبه الواحده = (٢٠٠ - ٢٥٠ لتر)
- أو أقصى ضغط الحقن يصل إلى ٢٠ Bar
- سمك الطبقة المحقونه فى المحطات الأساسيه من ٧ إلى ٧,٥ متر وفى المخارج والمداخل Accesses فى حدود ٢-٣ متر

خامساً : طريقة الحقن Grouting Method :

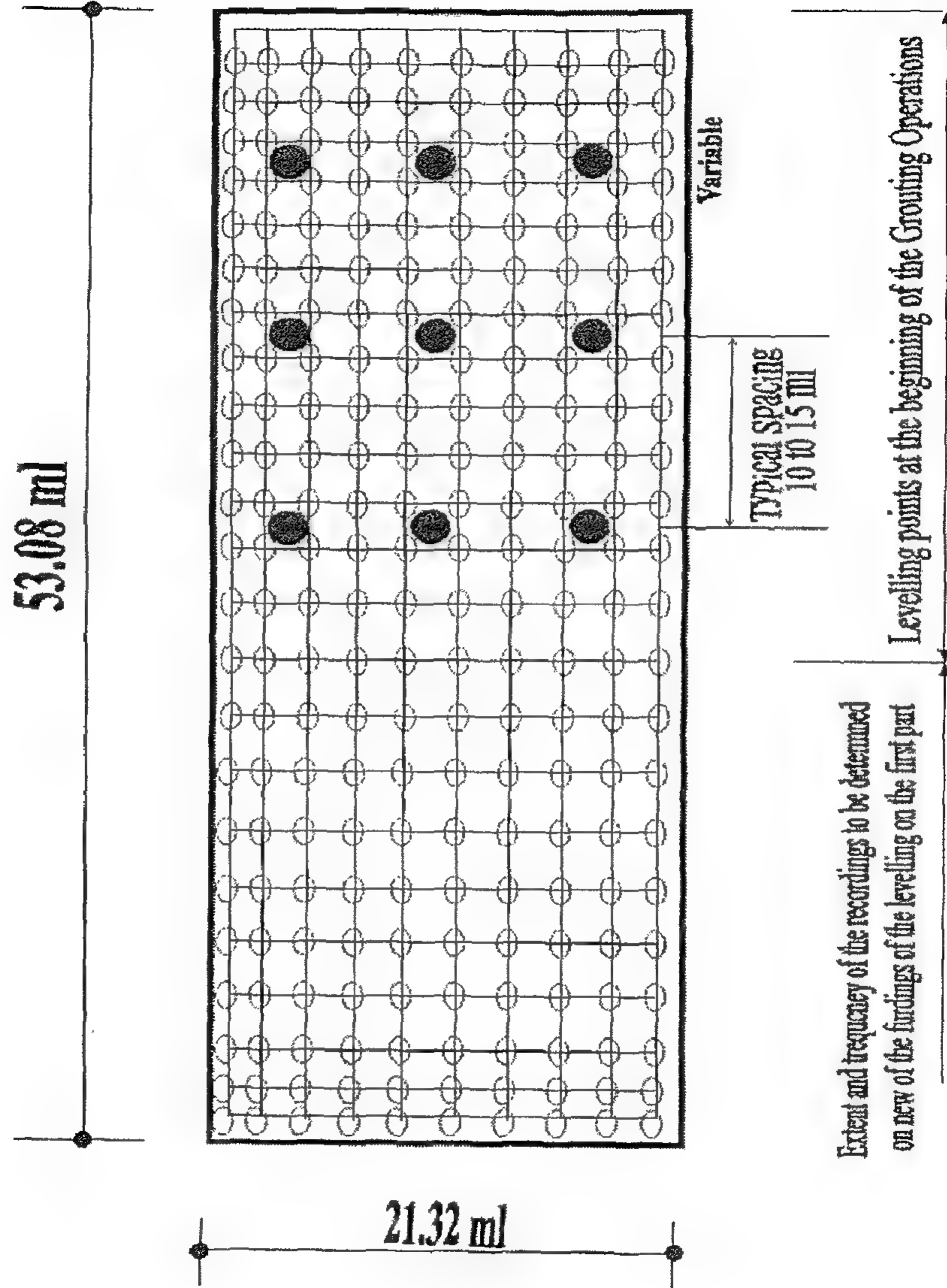
- يتم الحقن على هيئة عمليات خطيه بدءاً من إحدى الجوانب وإنتهاء إلى الجانب الآخر.
- تستمر عملية الحقن في كل Sleeve حتى نصل إلى إحدى الخاصيتين الآتيتين :
[١] أقصى كميته حقن ٢٠٠-٢٥٠ لتر .
[٢] أقصى ضغط حقن عند أقل معدل حقن .
- يبدأ الحقن بفتح الجلبه بضغط في حدود ١٠٠ Bar ثم يستمر الحقن حتى نصل إلى معدل الحقن المطلوب مع استمرار ضغط الحقن بصفه دائمه أقل من ٢٠ بار .
- مدة الحقن لا تزيد عن دقيقه واحده ويتم تسجيل أقصى ضغط عند أقل معدل حقن .

أمثلة علي حقن التربة :

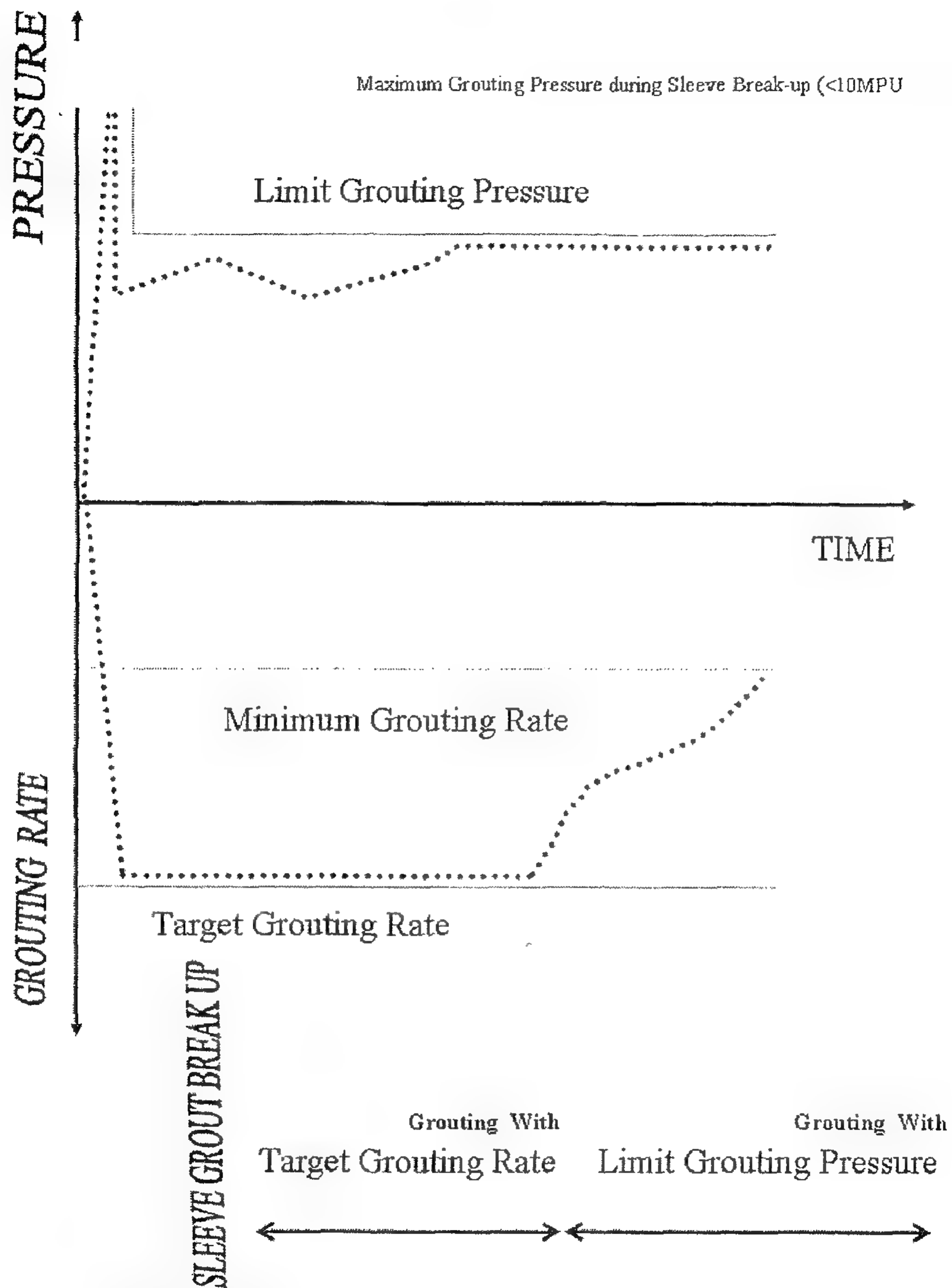
OUTLINE EXAMPLE OF GROUTING PROGRESS ON ONE BOX



DISTRILBUTION OF LEVEL POINTS OUTLINE
EXAMPLE FOR ONE BOX



● LEVEL POINT ON WORKING PLATFORM



GROUTING PRESSURE AND GROUTING RATE

VERSUS TIME (Typical Example)

خصائص الحقن في المراحل الثلاث

المرحلة الأولى B /C GROUT

معدل الحقن	أقصى معدل حقن	أقصى ضغط حقن	أقصى كمية حقن
٨٠٠ لتر / ساعة	٤٠٠ / لتر ساعة	٢٠ ذراع	٢٠ % من بحجم التربة

المرحلة الثانية "حقن ابتدائي" Soft Silica Gel Grout

معدل الحقن المطلوب	أقصى معدل حقن	أقصى ضغط حقن	أقصى كمية حقن
٦٠٠ لتر / ساعة	٣٠٠ / لتر ساعة	١٥ ذراع	٤٥ % من بحجم التربة

المرحلة الثالثة "حقن ثانوي" Soft Silica Gel Grout

معدل الحقن	أقصى معدل حقن	أقصى ضغط حقن	أقصى كمية حقن
٦٠٠ لتر / ساعة	٢٥٠ / لتر ساعة	١٥ ذراع	٤٥ % من بحجم التربة

ملحوظة :

- يجب الاتزيد كمية الحقن الابتدائي والثانوي عن ٥٠ % من حجم التربة المحقونة .

مراقبة منسوب الرصف أثناء عملية الحقن :

- يتم مراقبة منسوب الرصف أثناء عملية الحقن للتأكد من عدم وجود Heave للتربة وخصوصاً في المناطق المجاورة Diaphragm Walls

اختبار قياس معامل النفاذية

- يتم تقسيم كل محطة الى ثلاثة اجزاء وكل جزء يقاس له معامل النفاذية بحيث لايزيد عن (١٠ - ٦ متر / ثانية - تنفيذ الابار على محور المحطة تقريباً .)
- توضع عدد ثلاث Piezometers على محور المحطة وكذلك مجموعة اخرى خارج المحطة كما هو موضح بالرسم لمراقبة منسوب المياه الجوفية أثناء اختبار النفاذية

- منسوب قاع البئر يكون اعلى من طبقة الـ Plug فى حدود من ٥ - ١٥ متر و بقطر ٣٠ سم . مع تزويد قاع البئر بمرشح مناسب . ويجب تنظيف كل بئر لادالة الحبيبات الناعمة .
- منسوب قاع الـ Piezometer الداخلى اعلى من منسوب قمة الـ Plug من ٥ - ١٥ متر . ويتم تنظيف المواسير بالمياه والهواء والردم الفورى بعد نهاية الاختبار وهبوط منسوب المياه .

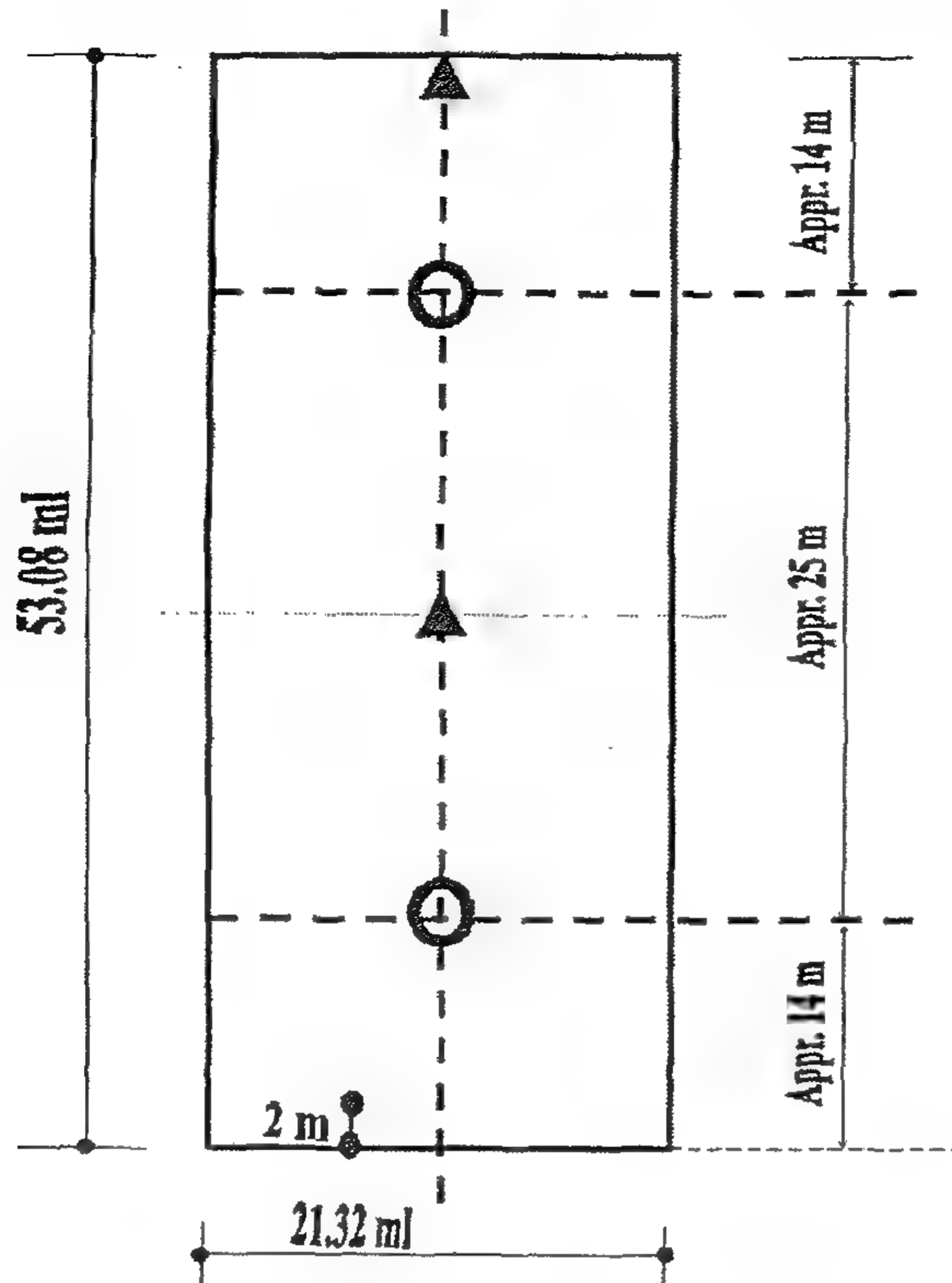
الاحتياطات الواجب مراعاتها قبل اجراء اختبار معامل النفاذية :

- يجب تحديد المسافات بدقة بين الابار والبيزومتريات .
- يجب تركيب بيزوميتر قبل اجراء الاختبار بأسبوع لقياس منسوب المياه ثلاث مرات فى اليوم على الاقل .
- قياس منسوب المياه فى الابار والبيزومتريات قبل ٢٤ ساعة من اجراء الاختبار .

الاحتياطات الواجب مراعاتها بعد اجراء اختبار معامل النفاذية :

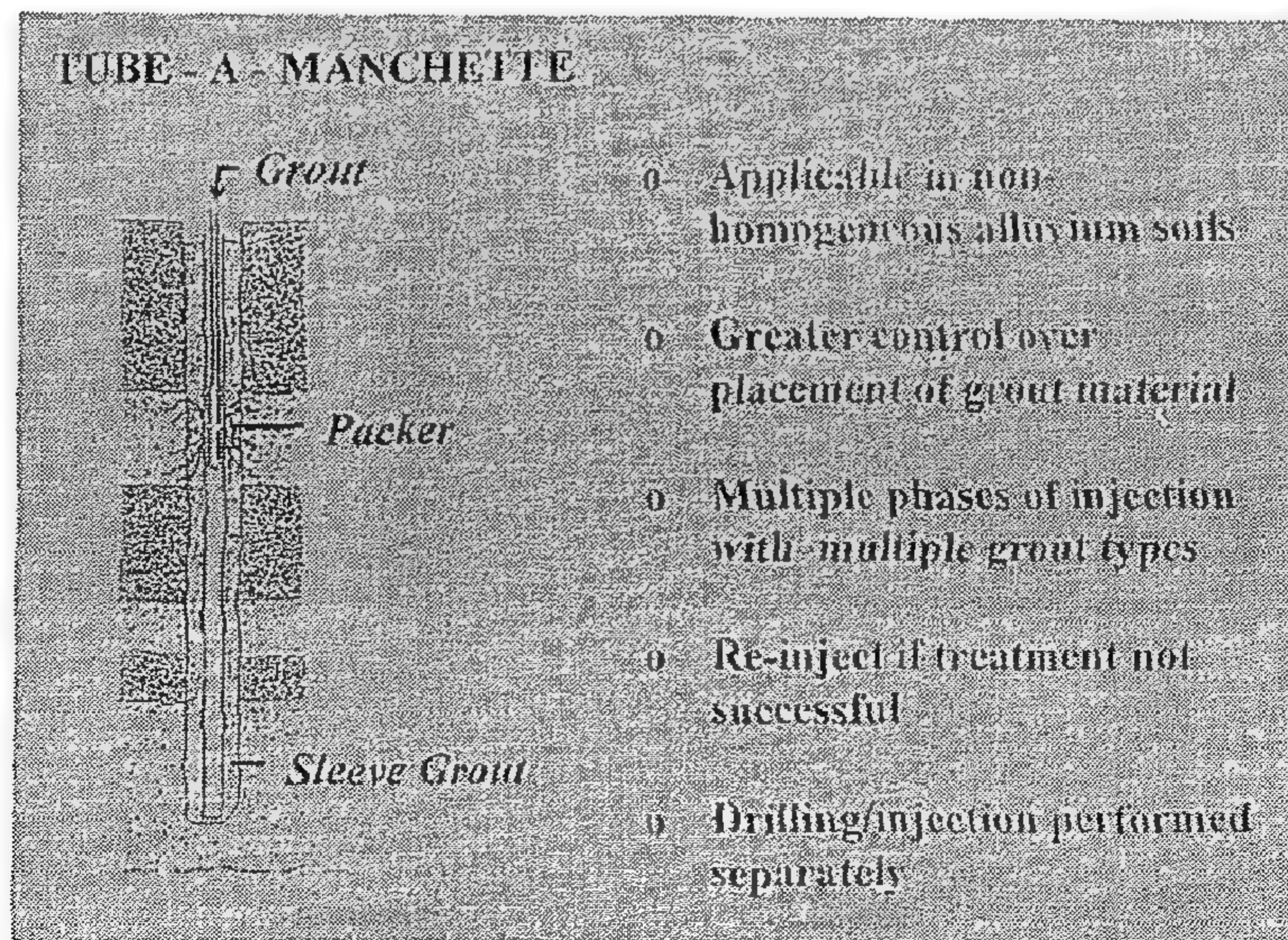
- يتم تقطيع جميع مواسير الحقن اسفل منسوب الـ Rapt ب ٥ متر عن طريق ضغط مياه فى قضيب دوار ويكون ضغط المياه فى حدود ٦٠٠ ذراع .
- يجب ملء مواسير الحقن بمحلول الاسمنت والبنتونيت .

Implantation of wells and pizometers (Outline example)



○ Well
▲ Pizometer

(number and position of outside pizometers are those installed within the scope of the general survey of the water table)



خطوات تنفيذ أعمال حقن التربة تحت ضغط عالى بمحلول الأسمنت والمياه

Method Statement of Jet Grouting Works

مقدمه :

تهدف هذه العمليه الى المحافظه على التربه خارج المحطه من الإنهيار وذلك بحقن التربه تحت ضغط عالى بمحلول المياه والأسمنت فى مداخل ومخارج المحطات وإحلالها مكان التربه الرملية تحت ضغط مياه يصل الى ٤٠٠ ذراع ، ويلاحظ أن التربه المراد حقنها تتكون من طبقات من الرمل المتوسط الى الناعم عند عمق من ١٠-٢٧ متر (من سطح الأرض) وهذه الطبقات ذات كثافه عالىه كما يوضح ذلك إختبار الإختراق القياسى قبل بدء العمل وتوضح النقاط والخطوات التالية الإجراءات التى يجب إتباعها لتنفيذ أعمال حقن التربة تحت ضغط عالى باستخدام محلول الأسمنت والمياه (Jet Grouting Works) طبقاً للمواصفات الفنية والرسومات التصميمية والتنفيذية للوصول إلى الجودة المطلوبه فى تنفيذ الأعمال.

أنواع الحقن :

طريقة الحقن المفرد :

تعتمد هذه الطريقه على خلق خلل بمكونات التربه وخلطها بالأسمنت.

- تنفذ طريقة الحقن المفرد بإستخدام Hollow Rod مع وجود Monitor فى النهايه (شاشة مراقبه).
- يزود القضيب بفتحه أو أكثر توضع على ال Monitor لمراقبة عملية الحقن.
- تتوقف النتائج النهائيه للحقن على (سرعة إستخراج القضبان Rods - ضغط الحقن - كمية الحقن - خصائص التربه "رمل - كثافه - دمك - حجم الحبيبات") .

مواصفات الحقن المفرد :

الوصف	الوحدة	الحدود
قطر عامود التربة المحقون	سم	٨٠-٤٠
ضغط الحقن	ذراع	٤٥٠ - ٢٠٠
معدل الحقن	لتر/دقيقة	٢٥٠ - ٨٠
قطر الفوهة Nozzle Diam	مم	٤,٥- ١,٦
سرعة الدوران	دوره/دقيقة	٣٠-٥

طريقة الحقن المزدوج :

تعتمد هذه الطريقة على ضغط الهواء وضغط مادة الحقن في ازالة جزء كبير جداً من التربة و خلط الجزء الباقي بالاسمنت.

- تستخدم الفتحة الداخلية لمادة الحقن.
- تستخدم الفتحة الخارجية لضغط الهواء.
- تركيب مجموعتان أو أكثر من الـ Nozzles على شاشة المراقبة.
- تعمل مجموعة ضغط الهواء أولاً ثم يتبعها مجموعة ضغط مادة الحقن.

مواصفات الحقن المزدوج :

الوصف	الوحدة	الحدود
قطر عامود التربة المحقون	سم	١٦٠ - ٨٠
ضغط الحقن	ذراع	٥٠٠ - ٤٠٠
معدل الحقن	لتر/دقيقة	٢٥٠ - ١٠٠
عدد الفوهات	عدد	٢ - ١
قطر الفوهة Nozzle Diam	مم	٤,٥ - ٢
ضغط الهواء	كجم / سم ^٢	١٤ - ٩
سرعة الدوران	دوره/دقيقة	٣٠-٥

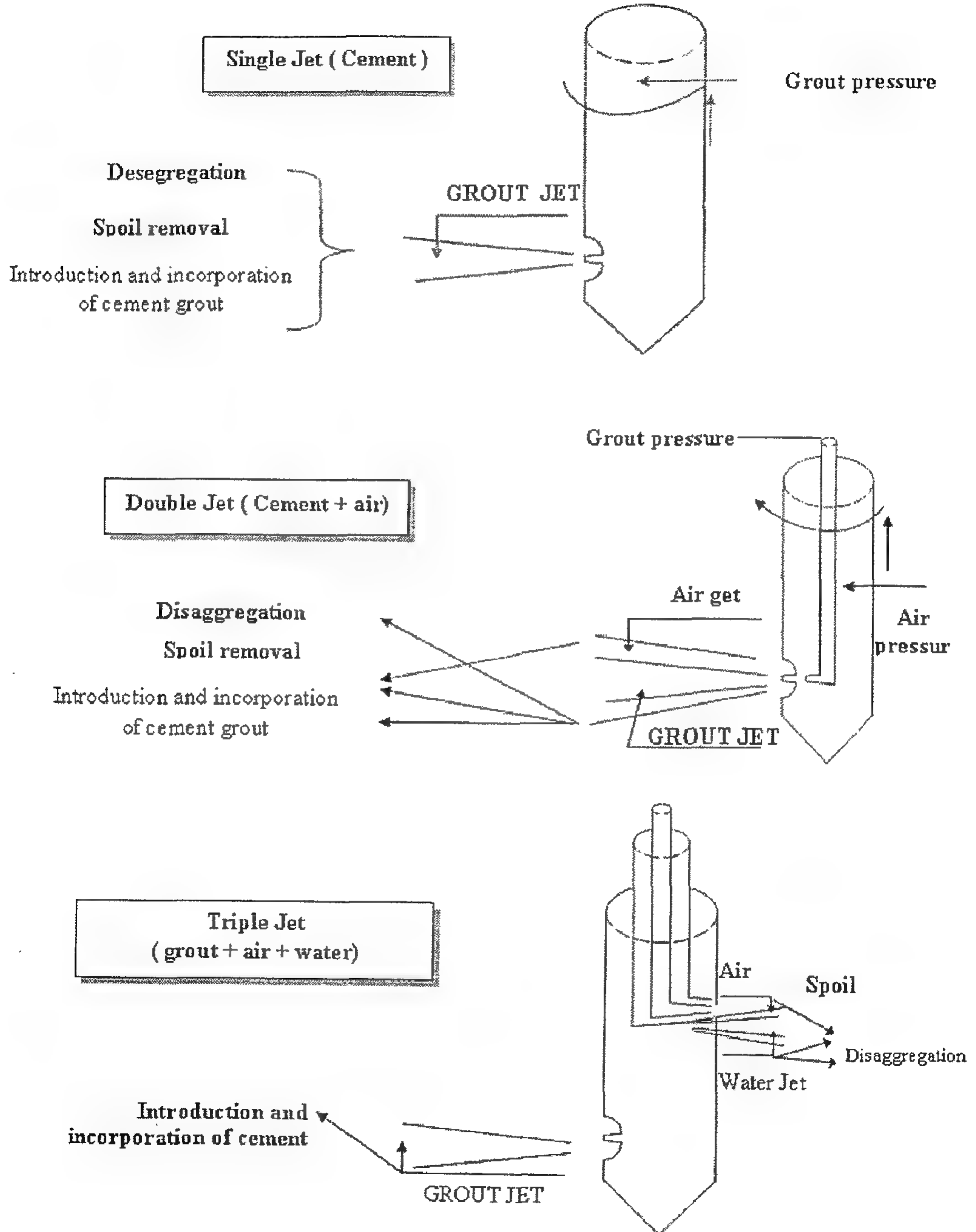
طريقة الحقن الثلاثي :

تعتمد هذه الطريقة على ضغط الهواء والماء ومادة الحقن فى إزالة جزء كبير جداً من التربة وخلط الجزء الباقي بالاسمنت.

مواصفات الحقن الثلاثي :

الحدود	الوحدة	الوصف
٢٠٠ - ١٤٠	سم	قطر عامود التربة المحقون
٧٠ - ٣٠	ذراع	ضغط الحقن
٩٠ - ٦٠	لتر / دقيقة	معدل الحقن
٢ - ١	عدد	عدد الفوهات
٥ - ٢,٥	مم	قطر الفوهة Nozzle Diam
٥٠٠ - ٤٠٠	كجم / سم ^٢	ضغط الماء
١٣٠ - ٨٠	لتر / دقيقة	معد الماء
٢ - ١	عدد	عدد الفوهات للماء
٢,٦ - ١,٥	مم	قطر فوهة الماء
١٤ - ٨	كجم / سم ^٢	ضغط الهواء
٣٠ - ٥	دوره / دقيقة	سرعة الدوران

Batch plant of jet grouting



شكل (١)

خطوات التنفيذ :

تجهيز الموقع :

- تحويل جميع المرافق قبل بدء العمل.
- ترصف المنطقة وتحديد منسوب سطح الرصف.
- عمل قناة لاستقبال ناتج الحفر Spoil وهو عبارة عن (مياه - أسمنت - تربة).
- يجمع ناتج الحفر فى حفرة كبيرة وينقل خارج الموقع.

تحديد موقع محطة الحقن جيداً :

- يجب وضع محطة الحقن على بعد لا يزيد عن ٢٠٠ متر من أقصى عامود مطلوب حقنه.
- يجب تركيب عدادات الضغط فوق كل حفرة للتأكد من أن الفاقد فى الضغط الخاص بالطلبات غير خطير.
- يجب تحديد موقع خزانات الاسمنت - محاور سيارات النقل - مواقع ماكينات الحقن قبل ابتداء العمل.

محطة الخلط :

- يتم خلط الاسمنت والمياه بالوزن مع نسبة خطأ لا تزيد عن ٥% مع التحكم فى زمن الخلط .
- معدل الخلط ١٥ متر/٣ الساعة.

الطلبية ذات العالى :

- ضغط الحقن يصل إلى ٥٠٠ كجم/سم^٢.
- معدل الحقن ٢٥٠ لتر/دقيقة.
- تزود المضخات بعداد قياس ضغط ومعدل الحقن توضع بجوار محطة الخلط وأحياناً بجوار الحفرة.

ضواغط الهواء :

- يوضع ضاغط الهواء بجوار الحفرة.
- ضغط الهواء من ١٠ - ١٢ كجم/سم^٢.
- معدل ضغط الهواء ٣ متر^٣/دقيقة.

أعمال الحفر :

- يجب تحديد مواقع نقط الحفر جيداً قبل البدء في عملية الـ Drilling
- يتم عمل الحفرة المطلوبة باستخدام آلات الحفر الدوارة مع ضغط محلول البنتونيت لتثبيت جوانب الحفر جيداً. وأحياناً يتم استخدام ضغط المياه والهواء في عمل الحفرة المطلوب حقنها.

أدوات الحفر :

- Drilling Head – Rods – Bit
- قطر القضبان "90" Rods مم.
- قطر الحفرة ١٢٥ - ١٥٠ مم للسماح بخروج ناتج الحفر.

عملية الحقن :

- عند الوصول للعمق المطلوب باستخدام البنتونيت أثناء الحفر فإنه يستبدل بمحلول الحقن (اسمنت + مياه).
- تبدأ عملية الحقن من أسفل إلى أعلى.
- يجب ثبات ضغط وكمية الحقن لنفس نوع التربة.
- يمكن تعديل سرعة دوران وضغط الحقن ومعدل الحقن تبعاً للخصائص الميكانيكية للتربة.
- يجب ضبط سرعة سحب المواسير باستمرار بحيث تتراوح الخطوة من ٢,٥ - ٦ سم .
- سرعة الدوران من ٥ - ٣٠ لفة / دقيقة. ويمكن التحكم فيها مع سحب مواسير الحقن.

- أثناء عملية الحقن تخرج كمية زائدة من الـ Spoil خارج الحفرة.
- كمية الاسمنت تتراوح بين ٥٠٠ - ٩٠٠ كجم/م^٣.
- مقاومة الضغط لا تقل عن ٣٠ كجم/سم^٢.
- كمية المياه في حدود ٨٠٠ لتر .

أدوات الرقابة :

- يجب قياس وتسجيل ضغط الحقن والمياه في المحطة وكذلك يتم القياس بواسطة مانوميتر يركب على الحفرة أو قريب منها حيث يسمح لك بقياس الـ Head Losses الحادث خلال الخراطيم Hoses .
- ضغط الحقن بصفة دائمة ٣٠٠ كجم/سم^٢.
- يجب قياس كمية الحقن في محطة الخلط .
- يجب قياس ضغط ومعدل الهواء للتأكد من أن الفتحات غير مسدودة.
- يتم قياس سرعة الدوران بعدادات خاصة.
- سرعة ومعدل سحب المواسير يجب أن يراقب جيداً لاعطاء كل خطوة الكمية اللازمة من محلول الحقن.

أعمال الحقن :

الهدف هو عمل طبقة حقن من سليكات الصوديوم Soft Gel بين حوائط الـ ديافرام و أسفل منسوب أرضية المحطة لمنع رشح المياه الجوفية الي المحطة أثناء الإنشاء ولمدة عامين . تكون النفاذية لطبقة الحقن = 1×10^{-6} م / ث . تصمم سمك طبقة الحقن بحيث تحقق فارق هيدروليكي Hydraulic Gradient أقل من أو تساوي ٣ .

مواد الحقن :

- ١ - الماء : يستخدم الماء الصالح للشرب .
- ٢ - سليكات الصوديوم : وهي المادة الرئيسية في عملية الحقن .
- ٣ - ألومينات الصوديوم : وهي المادة المصلبة .

مواسير الحقن :

قطر الماسورة ٨/٣ " من البولي فينيل كلوريد وتتحمل الضغوط العالية (حتى ٦٠ ض . ج .) .

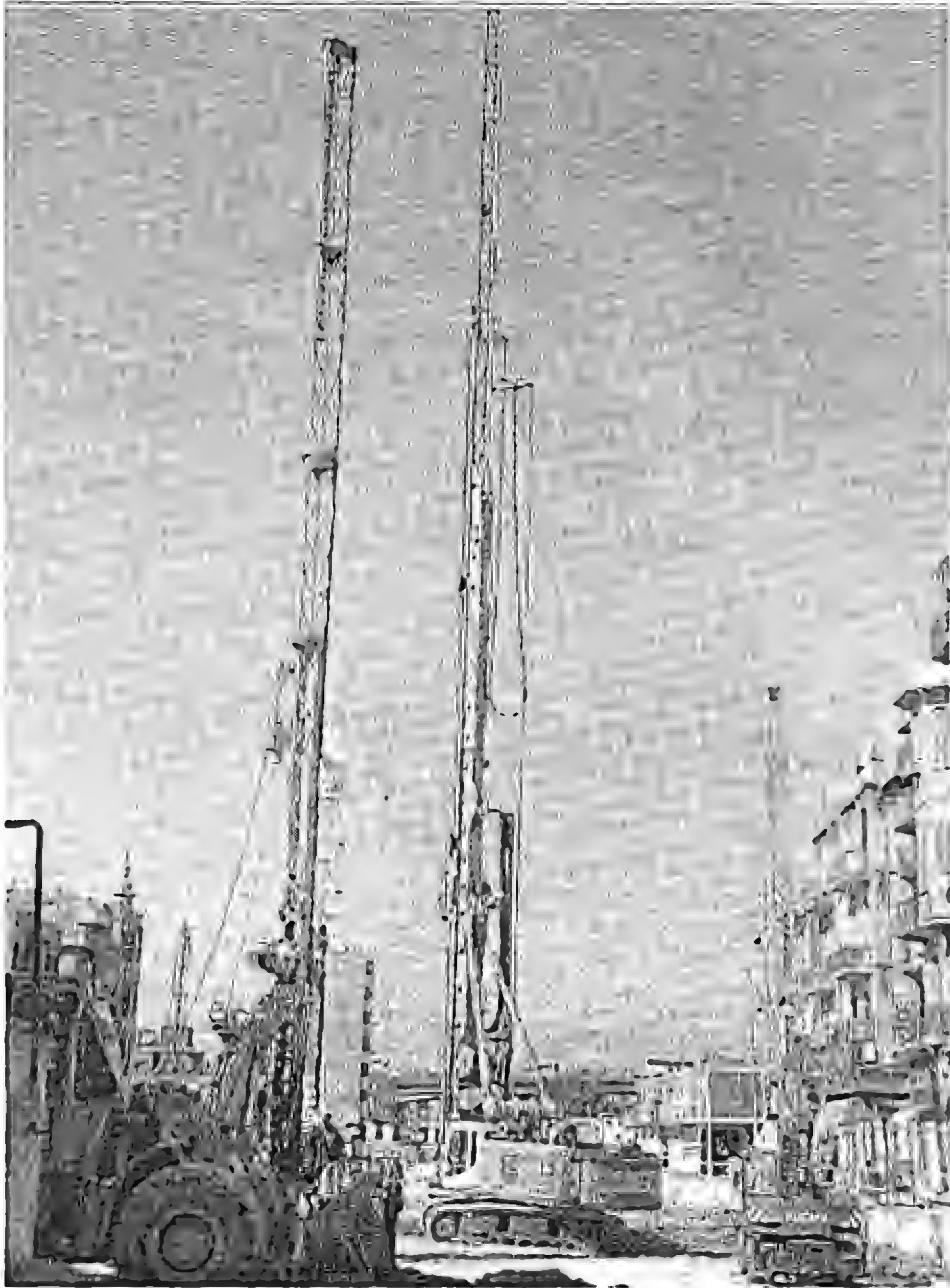
صمام الحقن يركب في نهاية ماسورة البولي فينيل كلوريد (ماسورة الحقن) بواسطة القلاووظ - شكل (١) . تمتد مواسير الحقن بالأطوال المحسوبة والموضوعة طبقاً للتصميم في الطبقة المراد حقنها .

وطبقة الحقن بسمك كبير - حالة مشروع مترو الأنفاق - يمكن أن يجهز ثلاثة مواسير حقن ، في حزمة واحدة ولكن بأطوال مختلفة لتغطية كل الطبقة المطلوبة . يتم تنقيب الأرض بآلات التخريم - شكل (٢) ، يكون عمق الثقب بحيث يضبط تماماً مع طبقة الحقن ويكون في وضع رأسي ، يكون قطر الثقب ١٣٣ مم . تم ضخ خليط من البنتونايت + الأسمنت لحماية الجدران من الأتھيار - الخليط - جدول (١) . العمق المطلوب للثقب يسجل بالكمبيوتر الخاص بالمعدة وكذلك رأسية الثقب .

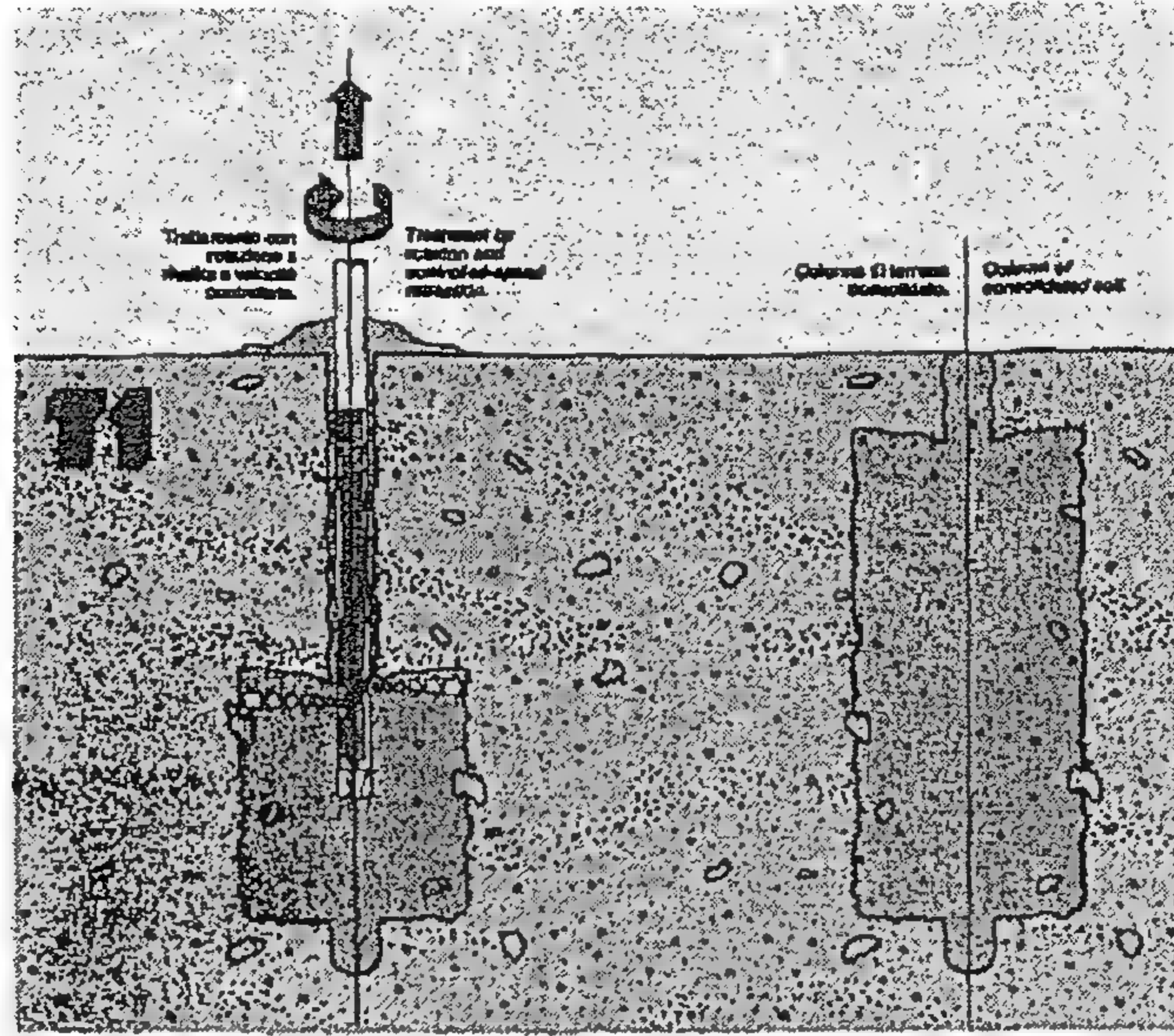
جدول (١)

الكمية	الوحدة	المواد
٢٥٠ - ٢٠٠	كجم	أسمنت مقاوم للكبريتات
٤٠ - ٢٠	كجم	بنتونايت
٩١٠ - ٨٦٠	لتر	مياه

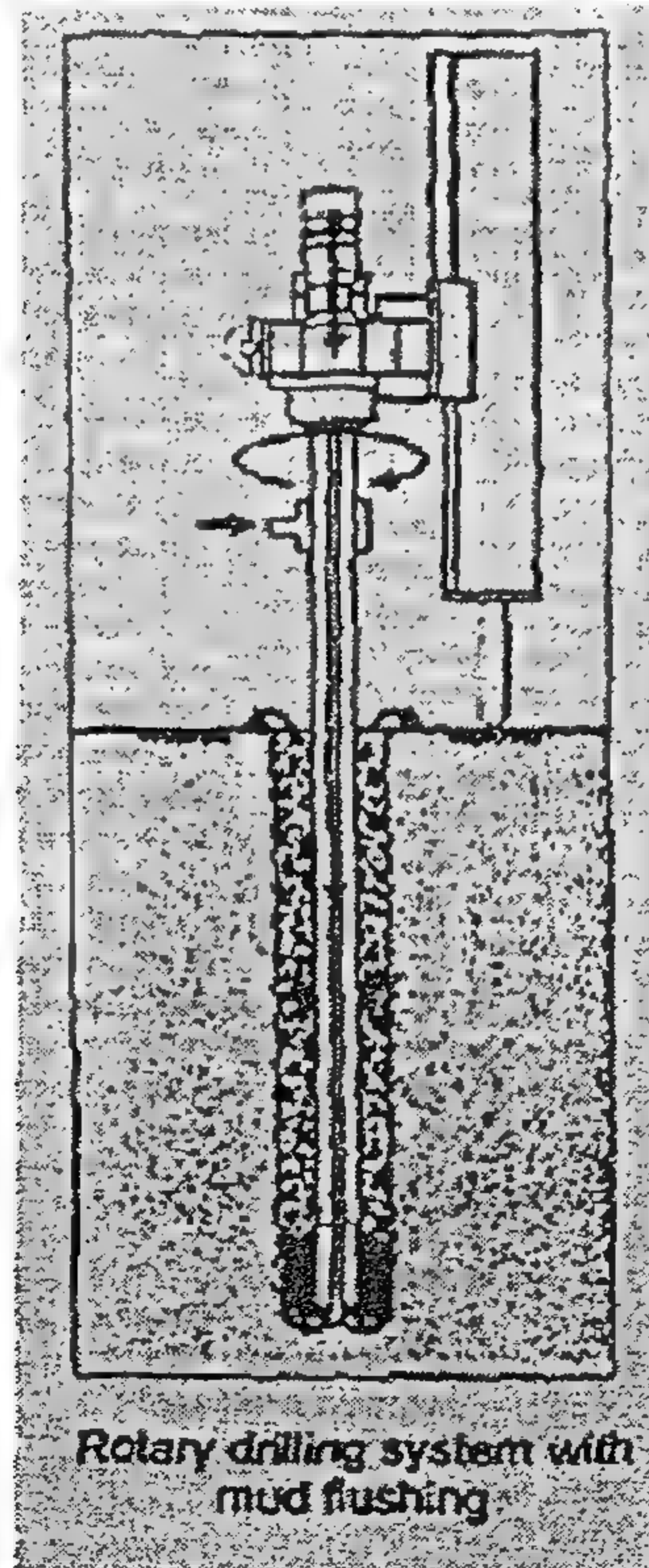
يوضع حزمة مواسير الحقن السابقة داخل الثقب وتوجيهه يدوياً مع ربط ثقل مناسب مع المواسير لتسهيل نزولها خلال الثقب الي مكانها .



شكل (٢) معدة التنقيب لعمل ثقب الحفن لأى عمق - مشروع مترو الأنفاق - المرحلة الثالثة
القاهرة



شكل (٢) شكل اندفاع مواد الحفن تحت الضغط من صمام الحفن



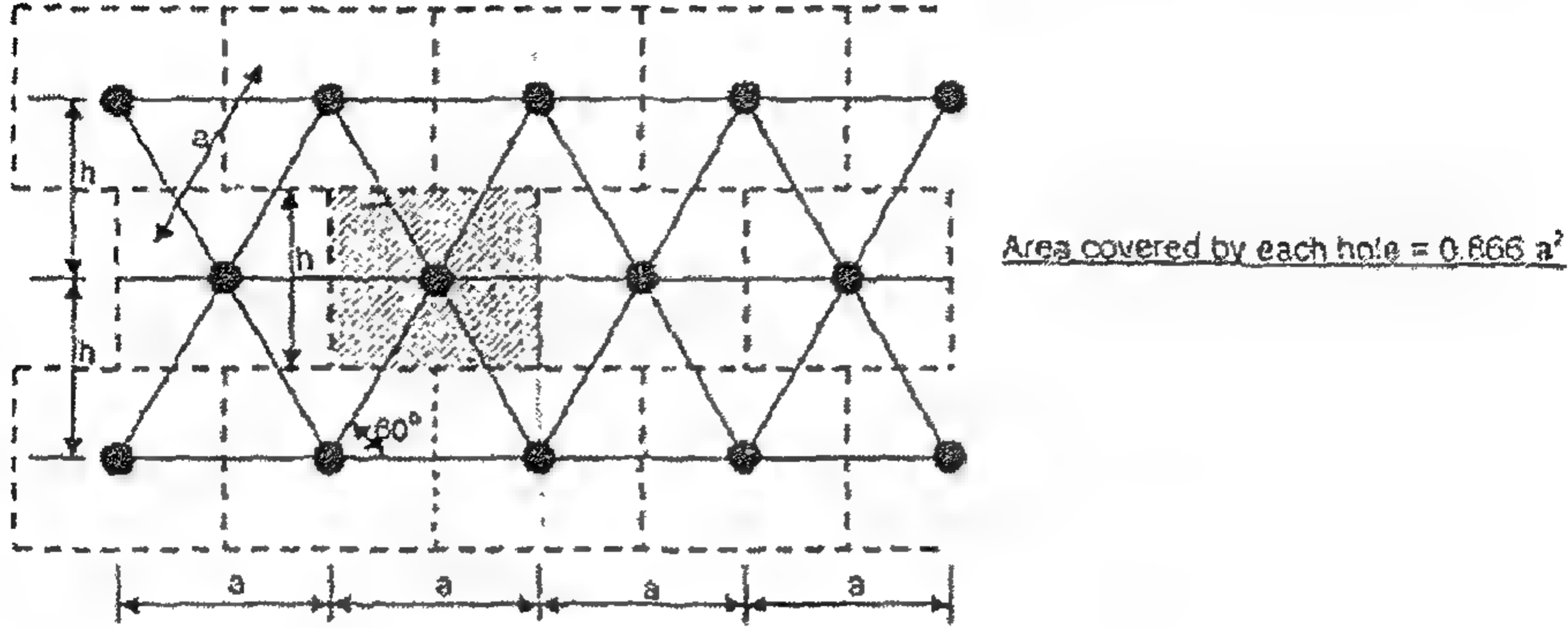
نظام توزيع ثقوب الحفن Drill Halls Pattern :

تتوزع ثقوب الحفن (في المسقط الأفقي) علي شكل مثلثات علي مسافات = ١,٦ متر -
شكل (٣). بهذه الطريقة ، فكل ثقب يغطي مساحة ٢,٢ متر مسطح .

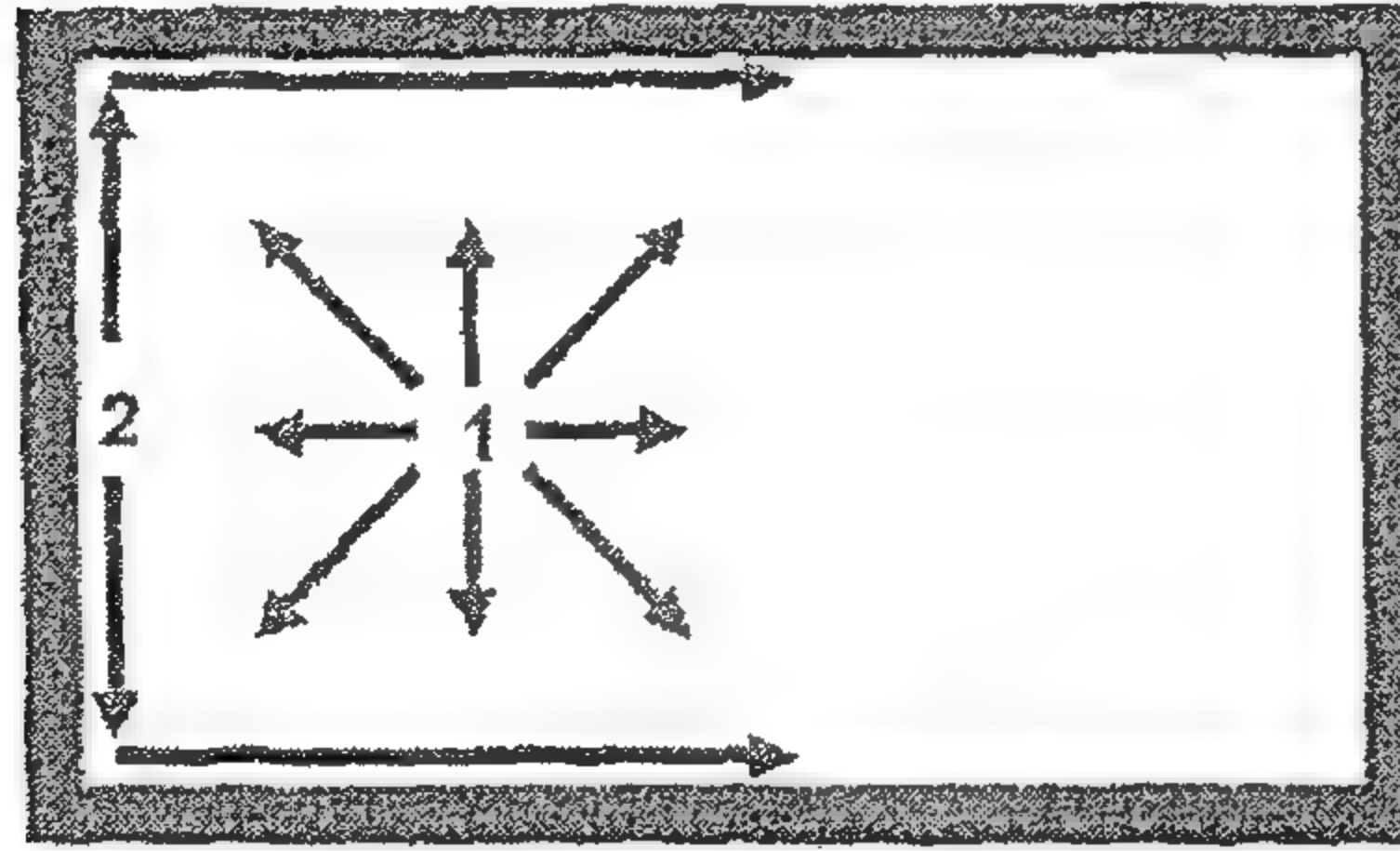
الباب الثاني عشر : خطوات تنفيذ أعمال حقن التربة

كما يأخذ كل خرطوم حقن (في الاتجاه الرأسي) مسافات = ٢ متر بين كل صمام وآخر لتغطية سمك طبقة الحقن بالكامل . ومن الجائز تغيير هذه المسافات طبقاً لنوع التربة .

In each borehole a number of grouting valves shall be installed and connected to the surface with a grouting pipe.



شكل (٣) توزيع ثقب الحقن



Sequence of Grouting

6.2.3 Estimated Parameters

6.2.3.1 Drilling Parameters

- Discharge ~200 litres/min
- Fluid pressure ~10 bar

6.2.3.2 Soft Gel Grouting Parameters

The following grouting parameters are given with a range and shall be adjusted for each during/after grouting first sleeve pipes.

شكل (٣) اتجاهات مواد الحقن أثناء الضخ

عملية الحقن :

تبدأ عملية الحقن بعد بضعة أيام من التخريم ووضع مواسير الحقن . يكون نسب خلط مواد الحقن كما يلي - جدول (٢):

جدول (٢)

الكمية	الوحدة	المواد
٢٢٠ - ٢٠٠	كجم	سيليكاات الصوديوم
٣٠ - ٢٣	كجم	ألومينات الصوديوم (المصلب)
٨٣٠ - ٨١٠	لتر	مياه

يتم حقن مواد الحقن بواسطة طلمبات الديافرام تحت ضغط عالي في الصمام العلوي - يصل سريعا الي ٦٠ ض . ج . هذا الضغط الكبير يمزق غشاء الصمام الخارجي ويفتح فتحات أمام ثقب الحقن . يجد الحقن طريقا أفقيا فيخرج من الصمام الي مسام التربة وعندها ينخفض الضغط كثيرا . تتدفق المواد وتغطي الطبقة العلوية من سمك طبقة الحقن وتكون بمثابة سدادة لمنع مواد الحقن من الصمامات الأدنى الأخرى من الهروب خارج الطبقة . يتم حقن خلال الصمامات التالية الوسطي ثم تحقن الجزء السفلي من الطبقة بالصمامات الأوطي .

ملحوظة :

تترك بعض مواسير الحقن حتي تتم تجربة الحقن . في حالة وجود بعض الرشح ، يتم حقن إضافي للطبقة حتي يمتنع الرشح .

حساب كميات الحقن :

$$\text{حجم الحقن} = n \times A \times T$$

حيث :

n : (porosity) : مسامية التربة .

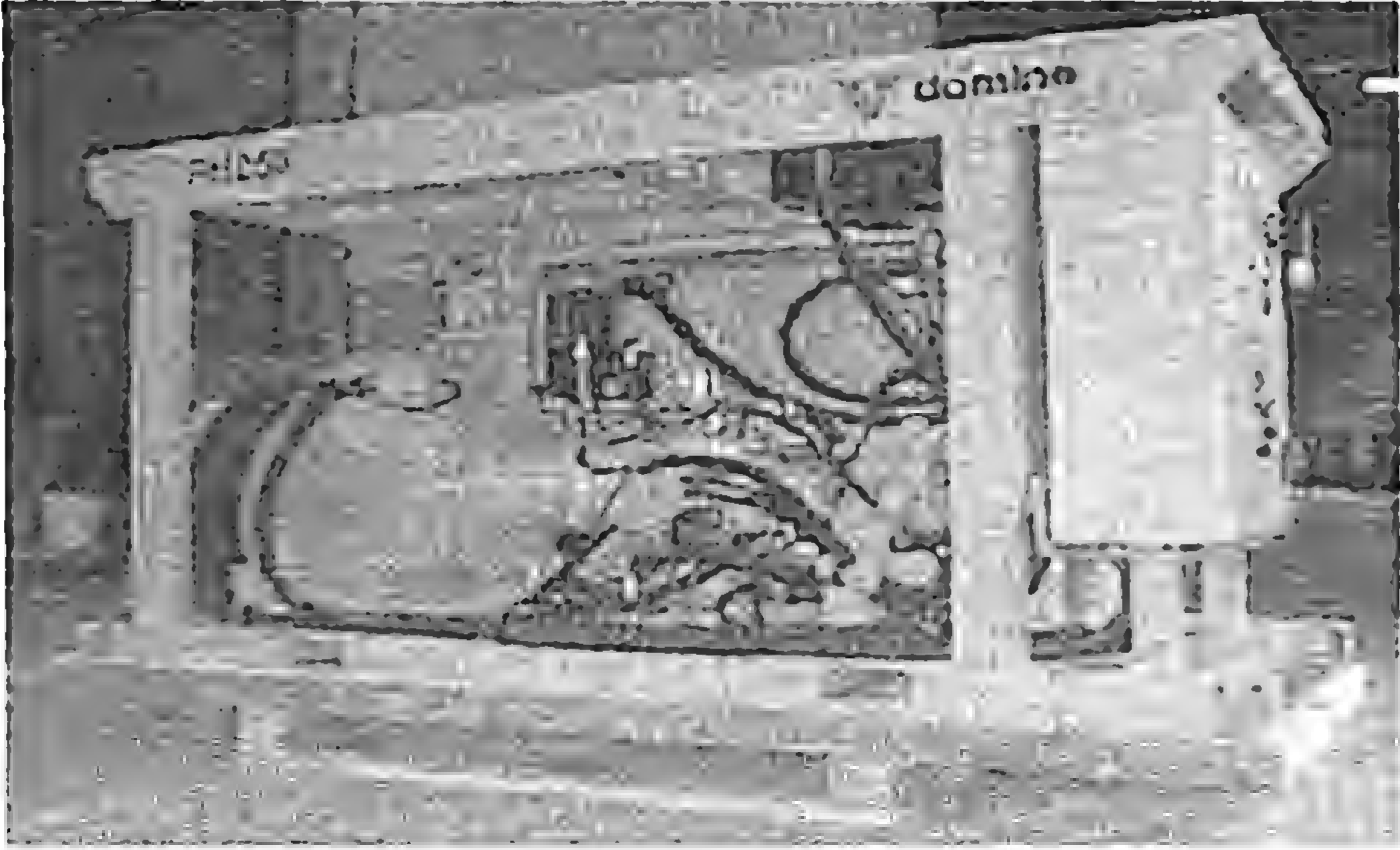
A : المساحة المغطاة لكل صمام .

T : سمك طبقة الحقن المغطاة بالصمام .

تعرف كمية مواد الحقن المطلوبة للعمل للاسترشاد بها . ماكينة الحقن - شكل (٤) ،

عملية غرز مواسير الحقن - شكل (٥) .

pump for drilling injection with one drilling rig.



شكل (٤) ماكينة الحقن



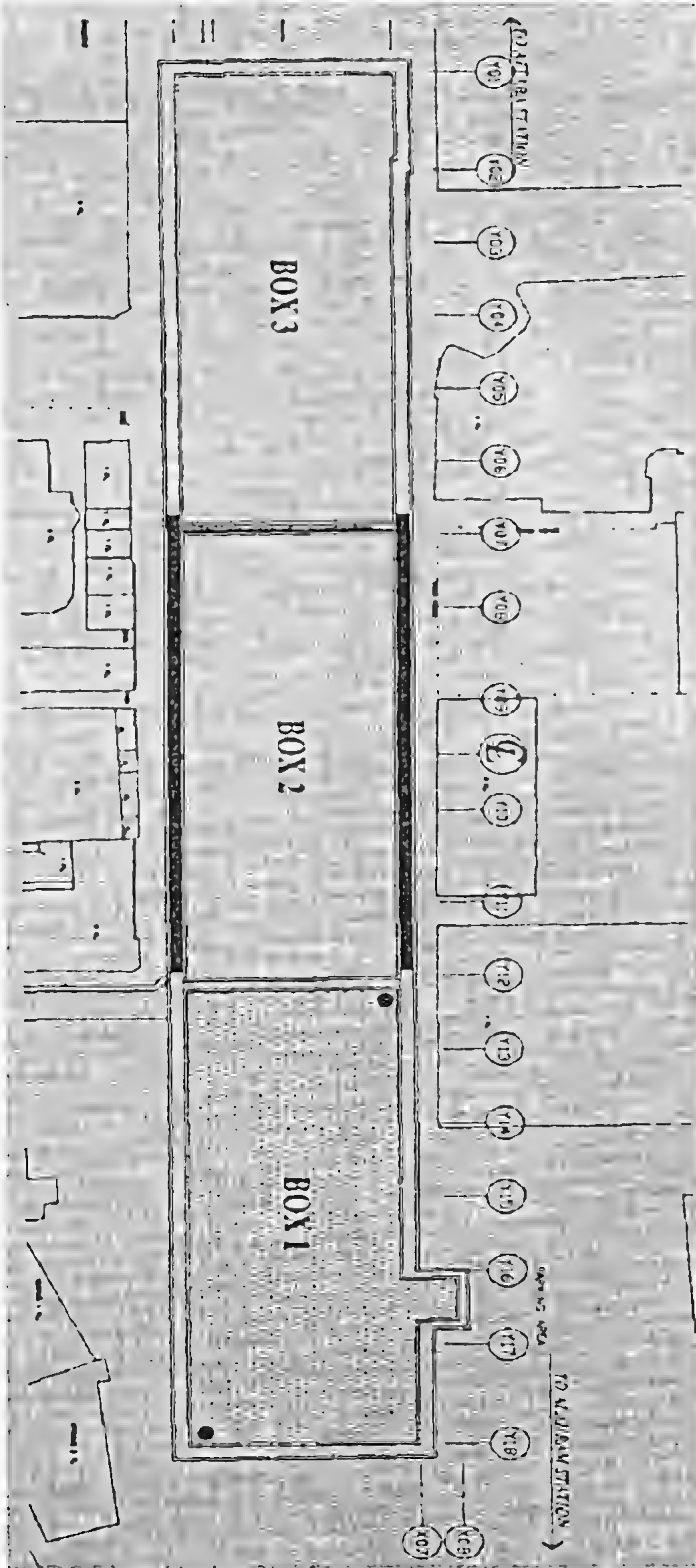
شكل (٥) عملية غرز مواسير الحقن

تجربة الضخ لطبقة الحقن :

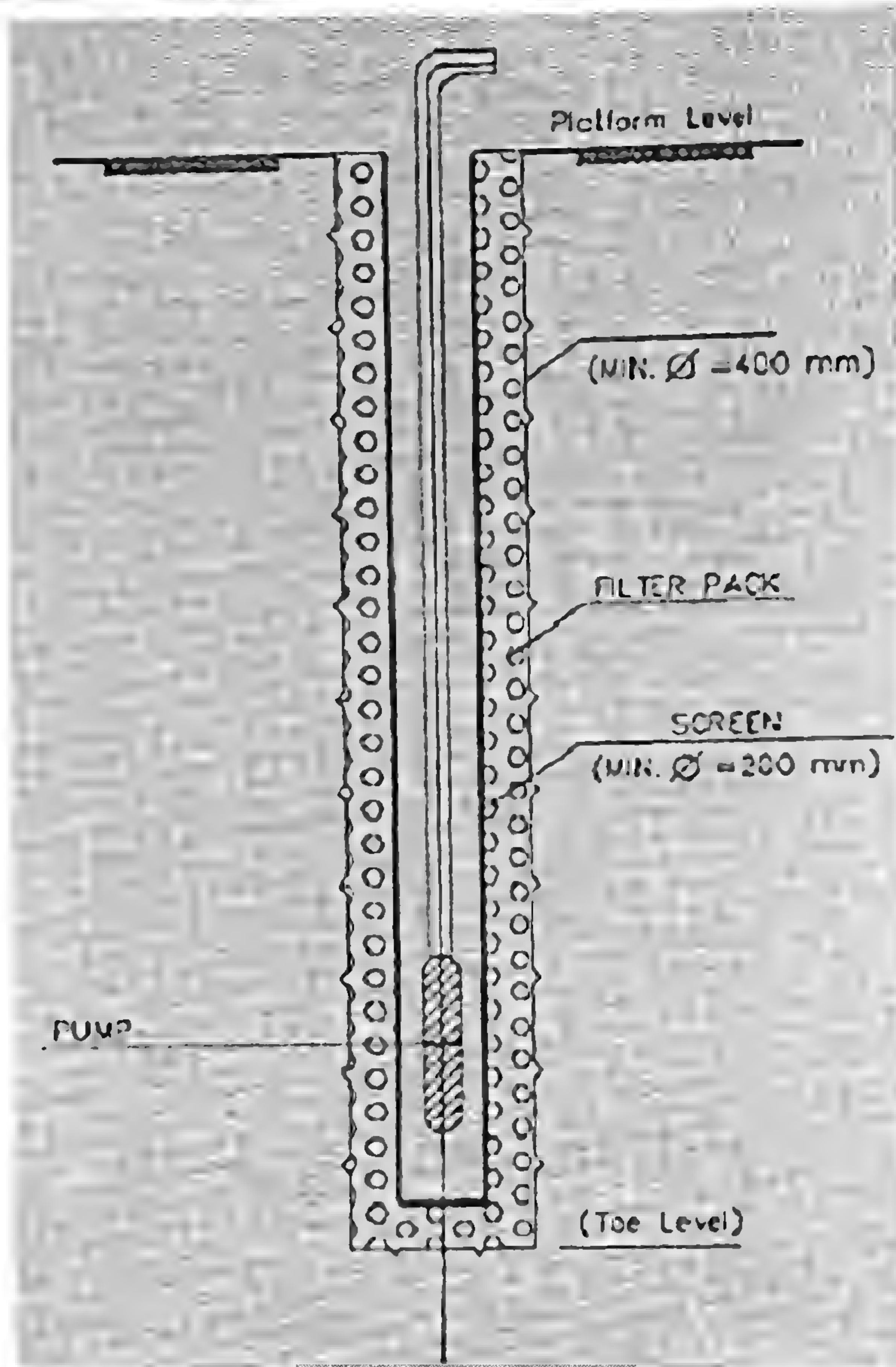
تعمل تجربة الضخ للأطمئنان علي أن كفاءة طبقة الحقن يكون معامل النفاذية لها K يكون في حدود 1×10^{-6} .

- ١ - تقسم مساحة المحطة الي ٣ أقسام لتتابع العمل لكبر مساحة المحطة :
 - القسم الأول لتنفيذ حوائط الدياقرام.
 - القسم الثاني لتنفيذ الحقن .
 - القسم الثالث لتجربة الضخ واستلام طبقة الحقن حسب المواصفات- شكل (٦) .
- ٢ - الفاصل بين الأقسام يكون من حائط من البنتونايت Slurry Wall لعزل كل قسم عن القسم الآخر .
- ٣ - يكون داخل القسم الذي تجري به تجربة الضخ بئر عميق واحد وعدد ٢ بيزومتر داخلي و بيزومتر واحد خارجي لقياس منسوب الماء .
- ٤ - يبدأ البئر في نزح المياه المحددة بحائطي الدياقرام و حائطي البنتونايت وطبقة الحقن السفلي . نصل إلي مرحلة النزح المنتظم Steady State حيث لا يتغير منسوب المياه ألا في حدود ١٠ سم في نصف ساعة .
- ٥ - بتطبيق المعادلة :

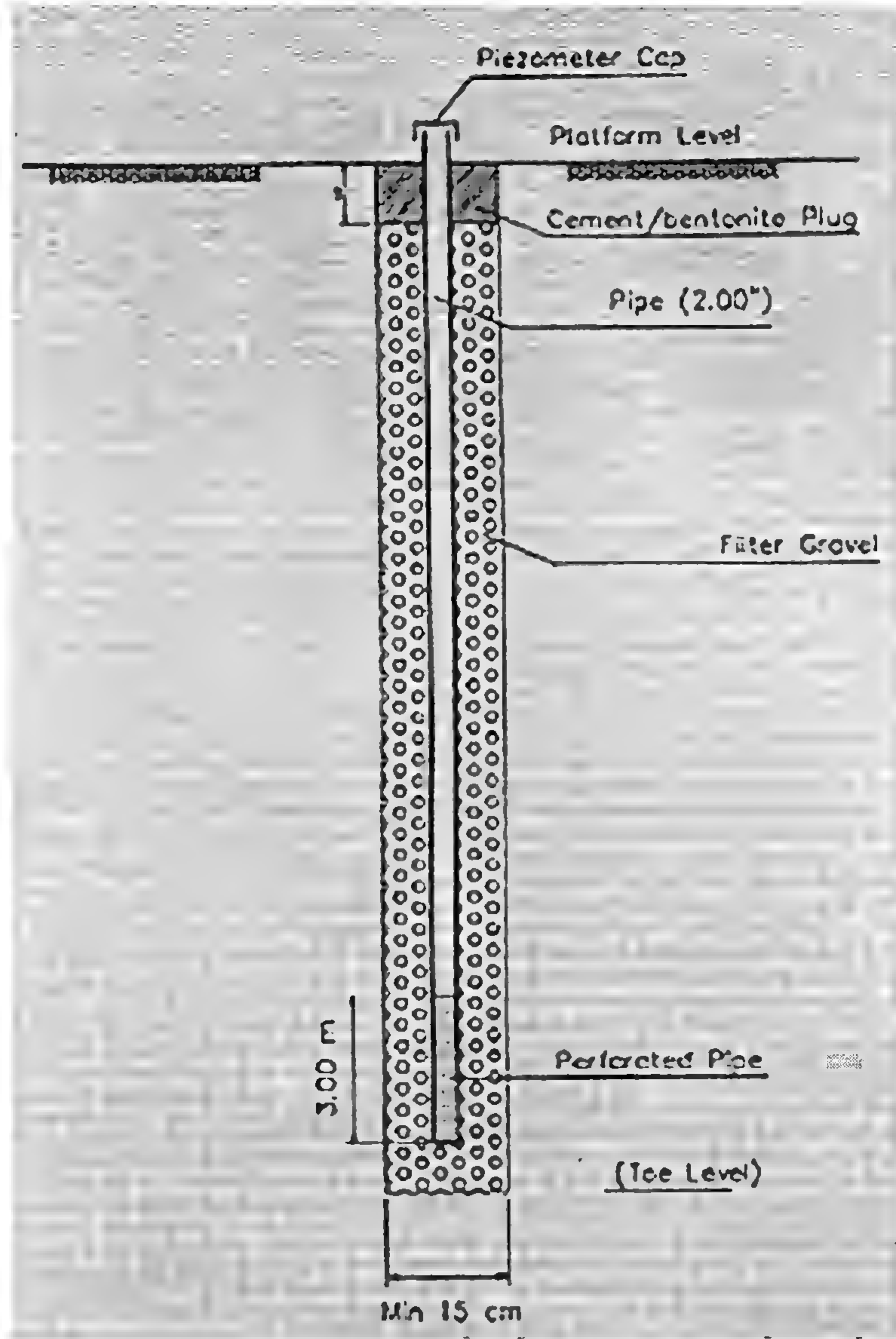
$$KP = QP / i \times A$$
 حيث :
 - KP معامل نفاذية طبقة الحقن (م/ث)
 - QP كمية المياه المتسربة من طبقة الحقن (م^٣/ثانية) .
 - i الفاقد من الطبقة Hydraulic Gradient Acting On Plug .
 - A مساحة طبقة الحقن Surface Area Of Plug .
- تفاصيل البئر العميق - شكل (٧) .
- تفاصيل البيزومتر - شكل (٨) .



شكل (٦) تقسيم مسطح المحطة الى مساحات



شكل (٧) تفاصيل البئر العميق



شكل (٨) تفاصيل البيزومتر

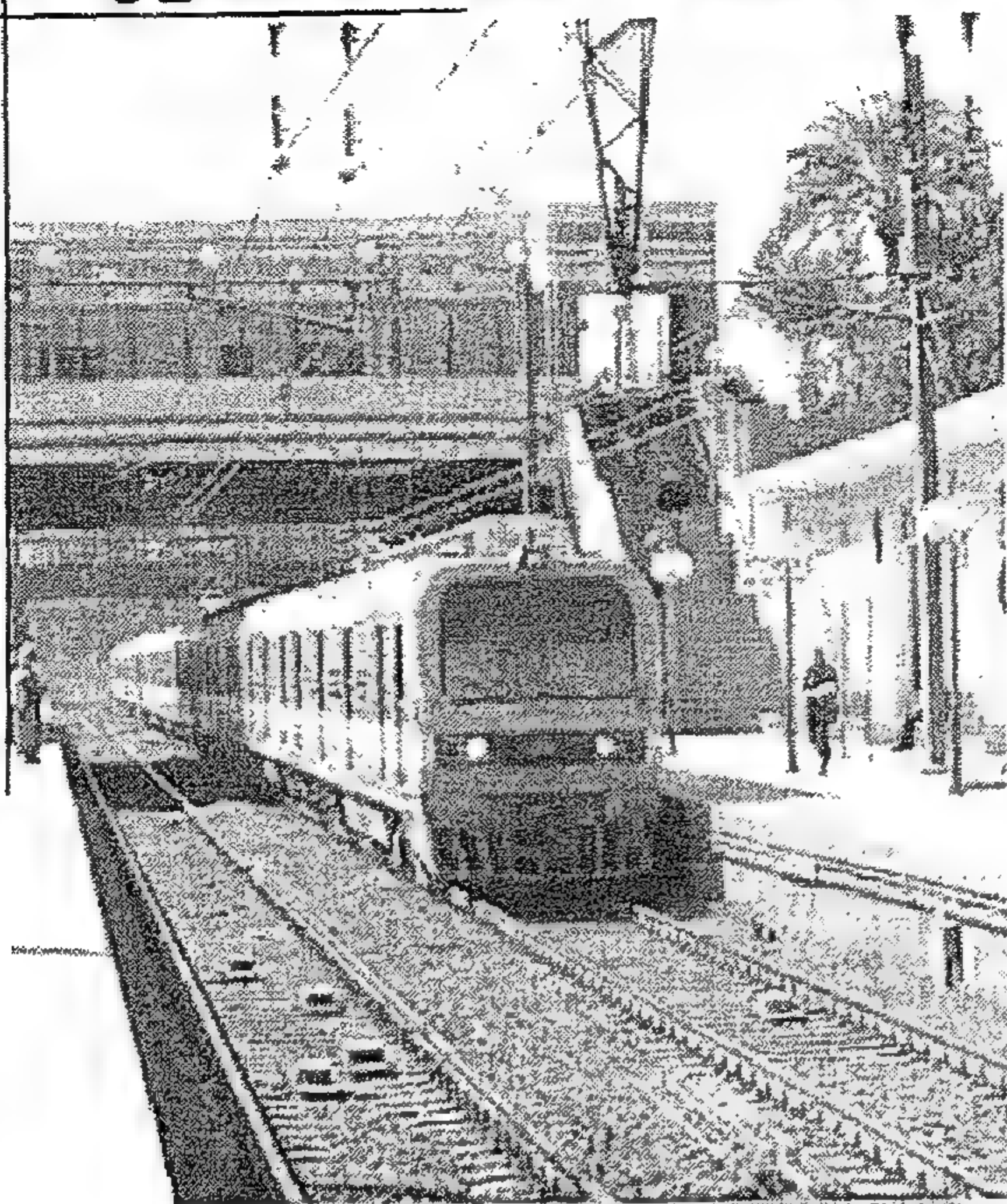
المراجع

١ - المهندس / أحمد محمود حسين مهندس بمشروع مترو الأنفاق المرحلة الثالثة.

2

الإنشاءات المتميزة

محطة انفاق القاهرة



الباب الثالث عشر

خطوات تنفيذ الحوائط اللوحية

خطوات تنفيذ الحوائط اللوحية

Method Statement of Diaphragm Walls & Slurry Walls

مقدمه :

توضح النقاط والخطوات التالية الإجراءات التي يجب إتباعها لتنفيذ الحوائط اللوحية التي تحفر بالفريزه أو الجراب في وجود محلول البنتونيت لتثبيت جوانب الحفر طبقاً للمواصفات الفنية والرسومات التصميمية والتنفيذية للوصول إلى الجودة المطلوبة في تنفيذ الأعمال.

تفاصيل المحطات :

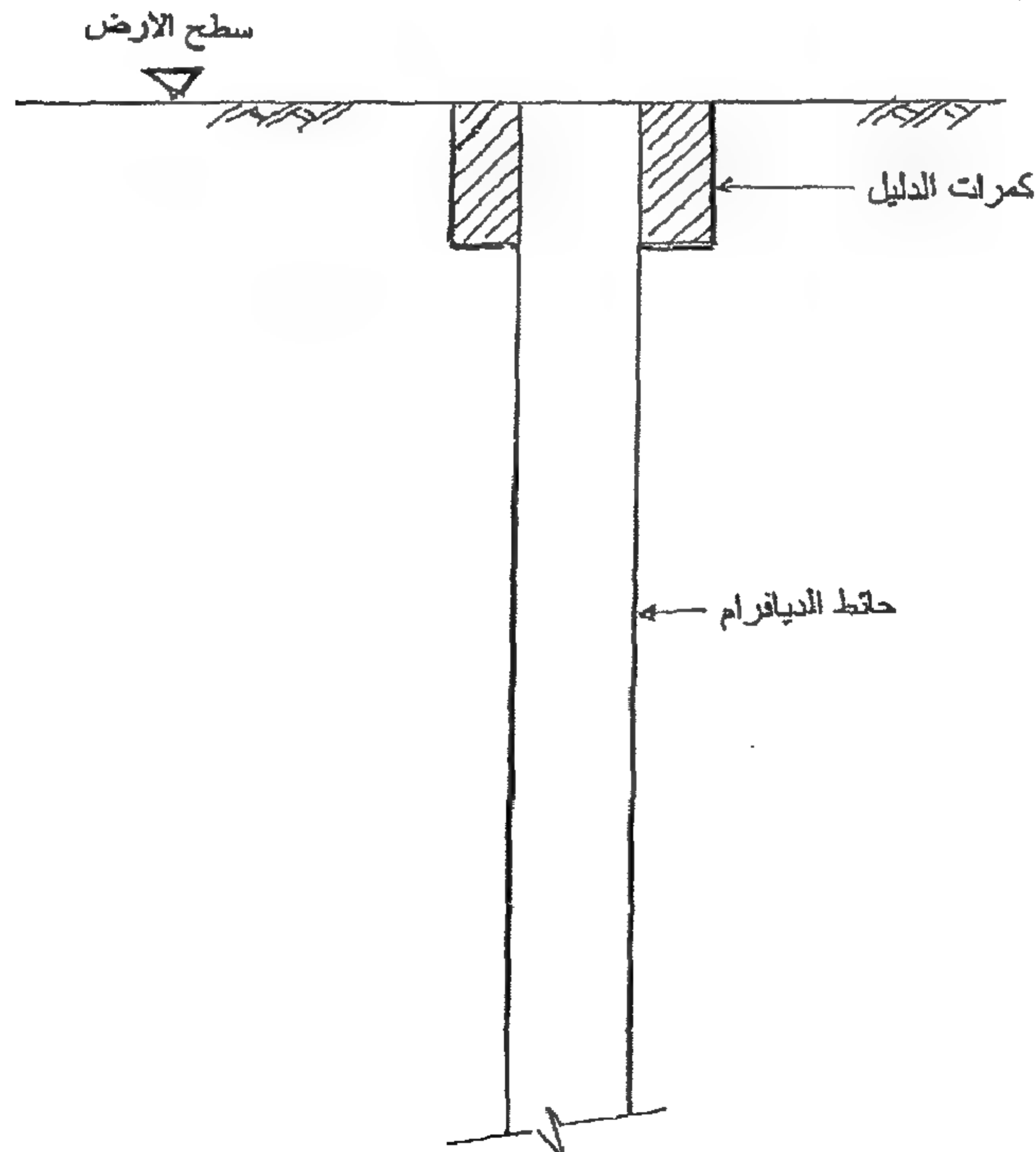
- عرض المحطة في حدود (٢٠-٢٢) متر .
- طول المحطة في حدود ١٥٠ متر .
- عمق المحطة يصل إلى ٢١ متر من أسفل سطح الأرض .
- يتم تنفيذ الحوائط D.W بسبك ١,٢ متر .
- أعمال حقن التربة حتى يمكن سحب المياه من داخل المحطة وتنفيذ الحفر في الحالة الجافة ودون أن يؤثر سحب المياه على انخفاض منسوب المياه خارج المحطة واسفل المنشآت المجاورة للمحطة .
- تتكون المحطة من مجموعة من البلاطات التالية .
 - البلاطة العلوية في منسوب الشارع بسبك ١,٢ متر.
 - البلاطة عند منسوب قطع التذاكر بسبك ١,٢ متر.
 - البلاطة عند منسوب الأعمال الفنية بسبك ١,٢ متر.
 - اللبشة بسبك ٢,٤ متر
 - سمك البلاطات الخرسانية يتراوح بين (١,٢٠ - ٢,٤٠) متر وتم اخذ كافة الاحتياطات في تصميم الخلطة الخرسانية وأعمال الصب والمعالجة في الاعتبار للتغلب على زيادة حرارة التفاعل داخل الخرسانة عن ٦٥م° .

تنفيذ الحوائط :

- تتكون المحطة من الحوائط أو الوحدات (Panels) .
- عرض الوحدة يتراوح من ٥,٥ إلى ٧,٥ متر وبعمق حوالي ٥,٥ متر .
- يفصل بين الوحدات فاصل صب Construction Joint كما هو موضح بالشكل .
- مزود فاصل الصب بشريط PVC بعرض ١٥ سم . لمنع تسرب المياه الجوفية من خارج المحطة إلى الداخل .

الدليل :

- يجب توقيع محاور المحطة (والحوائط) بدقه.
- ينفذ الدليل لتجنب إنحراف الحفارة - شكل (٢) .
- الدليل عبارته عن كمرتين متوازيتين من الخرسانة المسلحة قطاعها (٣٠ × ١٠٠ سم). يفصل بين الكمرتين سمك الحائط مضافاً إليه ٥٠ مم . تكون هاتان الكمرتان مدفونتان تحت الأرض وسطها عند سطح الأرض .
- يجب أن تكون حوائط الدليل رأسية تماماً.



شكل (٢) كمرات الدليل

اعمال الحفر :

- يتم الحفر بالجراب فى التربه الطينيه وبالفريزه - شكل (٤) ، فى التربه الرملية.
- إستخدام الجراب Grab فى بعض المحطات - شكل (٥) ، لحفر الحوائط بكامل العمق . وفى هذه الحالة فإن رأسية الحوائط تتحقق بواسطة نزول الجراب رأسياً تحت تأثير الجاذبيه.
- الفريزه مزوده بأجهزه لضمان رأسية الحفر تماماً.
- يستخدم محلول البنتونيت أثناء عملية الحفر لضمان عدم إنهيار التربه.
- يجب ان يكون محلول البنتونيت أعلى من منسوب المياه الجوفيه.
- يجب مراقبة عملية تبطين جوانب الحفر بالبنتونيت على شاشة المراقبه ومتابعة عملية الحفر جيداً.
- يتم إيقاف الحفر عند هروب محلول البنتونيت ويعاد ردم الحفرة بالخرسانة ثم تحفر بعد ذلك .
- عند إنتهاء الحفر يستبدل البنتونيت الموجود داخل الحفره بأخر حديث . أما البنتونيت الخارج من الحفره فيعاد تكريره لإستخدامه من جديد .

خواص البنتونيت Bentonite Properties

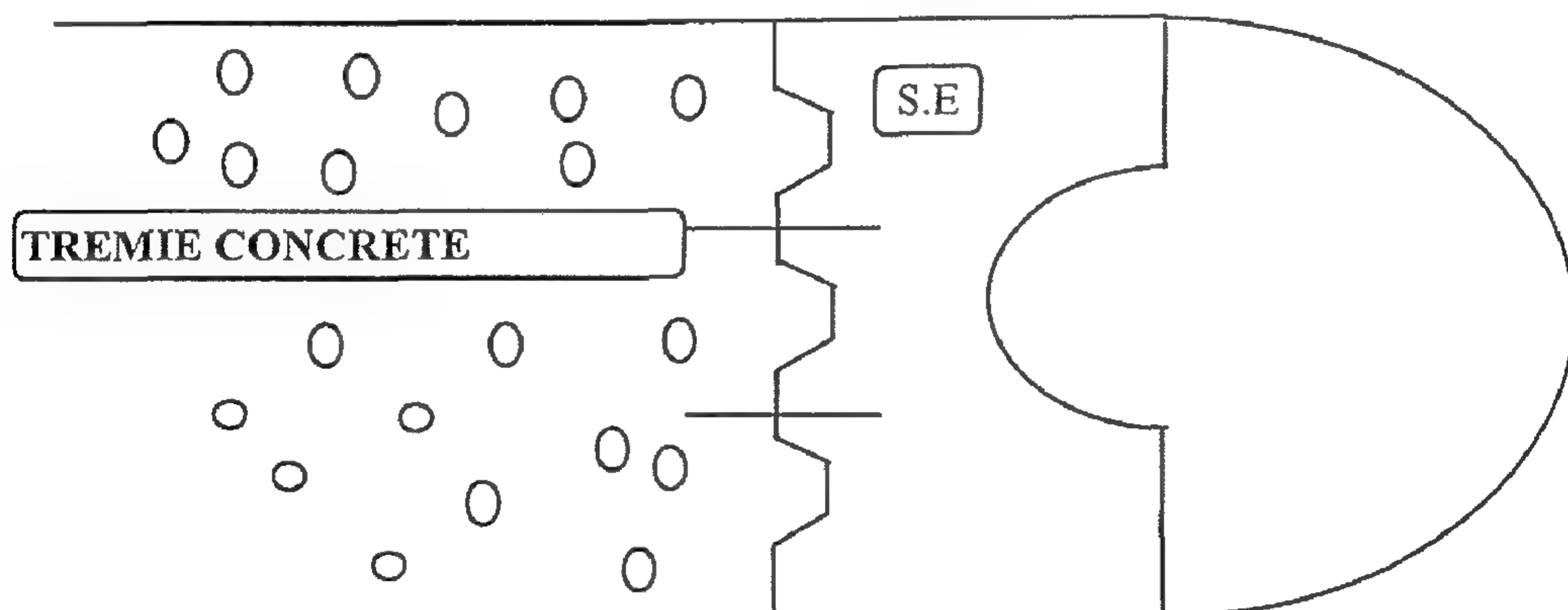
PROPERT	Unit	FRESH MUD	Excavation Mud	Mud before concerting
Unit Weight	T / M ³	١,٠٥ - ١,٠١	١,٠٢ >	١,٠٢ >
Viscosity	.Sec	٣٥ - ٣٢	٤٥ - ٣٥	٣٥ - ٣٢
Sand Content	%	%٥ >	%٥ >	%٥ >
PH	-	١٠ - ٨,٥	%١٢ >	%١٢ >
Free Water	Cm ³	٣٠ >	%٣٥ >	%٣٥ >
Cake thickness	m.m	٣ >	٥ >	٣ >

تركيب فاصل الصب :

- يتوقف عرض فاصل الصب Stop End على عرض حائط الديافرام D.W .
- يجب التأكد من رأسية الـ Stop End - شكل (٣) .
- طول الـ Stop End = 42 متر فى الحوائط الرئيسيه.
- يزود الـ stop End بشرائح PVC بعرض ١٥ سم لمنع تسرب المياه .داخل المحطة

العلاقه بين عرض الـ Stop End وعرض الحائط :

width of D.W	Cm ٥٠	Cm ٦٠	Cm ٨٠	Cm ١٠٠	Cm ١٢٠
Width of S.E	Cm ٤٦	Cm ٤٦	74 Cm	Cm ٧٤	Cm ٩٤



فاصل الصب Stop End

شكل (٣) فاصل الصب Stop End

حديد التسليح :

- نسبة الكربون أقل من ٠,٢٥ % فى الحديد المستخدم كى يمكن إجراء عملية اللحام Weldable .
- يصنع طبقاً للرسومات فى ورشة تشكيل الحديد وقبل توريده. كما هو موضح بالرسومات .

الباب الثالث عشر : خطوات تنفيذ الحوائط اللوحية

- يوضع بطاقه موضحاً عليها رقم الوحده ونوع ال Cage .
- يجب ان يكون خالى من الصدأ والمواد الضاره.
- توضع ال Cages فى الموقع فى أماكن آمنه.
- يجب تحديد نقط الرفع جيداً.
- طول ال Cage 32 متر فى المحطات الرئيسيه وهو يمثل ٦٧ % من إرتفاع الحائط.
- يزود كل Cage ب Earthing Bar للمحافظة على حديد التسليح من التآكل.
- يجب التأكد جيداً من وضع ال Couplers فى إتجاهها ومنسوبها الصحيح قبل وأثناء وبعد صب الخرسانه.

غطاء الخرسانه :

- يجب وضع بسكويٲ Concrete Spacers " بتخانة ٧ سم كل ٥ متر مسطح على جانبي ال Cage .

صب الخرسانه :

- يجب التأكد من خواص البنتونيت قبل عملية الصب مباشرة.
- إذا تأخرت عملية الصب أكثر من ٥ ساعات يجب إجراء عملية تقليب محلول البنتونيت مره أخرى.
- يتم صب الخرسانه بإستخدام ال Tremie Pipe (مزراب الخرسانة) ويجب أن تكون المواسير مغموره فى الخرسانه ٢ متر على الأقل كما هو موضح بالرسم .
- يجب رسم العلاقة بين الحجم الفعلى والحجم النظرى للخرسانة بحيث لا يزيد الحجم الفعلى عن النظرى بأكثر من ١٠ % .

خواص الخرسانه :

- يجب ان لاتزيد درجة الحرارة الطازجه عن ٣٠ °م
- القابليه للتشغيل (إختبار الهبوط) من ١٥ - ٢٠ سم.

- زمن الشك الابتدائي في حدود من ٥ - ٦ ساعات.
 - مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوم ٢٨ Mpa .
 - نفاذ المياه لخرسانة الحوائط لايزيد عن ٢سم لضمان سلامة حديد التسليح .
- تنفيذ الحوائط الحاجزة بطريقة Slurry Walls :

- تتكون جميع الحوائط من الحوائط الخارجيه D.W وحوائط ال Slurry Walls (S.W) متعامده مع ال D.W وتقسم المحطة الواحده إلى ٣ Boxes .
- الهدف منها هو المساعدة في عملية سحب المياه الجوفيه من داخل المحطة قبل عملية الحفر.

مكونات خلطة الـ Slurry

Bentonit	Cement	Water	Fluidizers	Unit Weight
35 Kg	250 -300 Kg	900 lit	1.5 lit	1.185 - 1.221 T / M3

خواص الـ Slurry walls

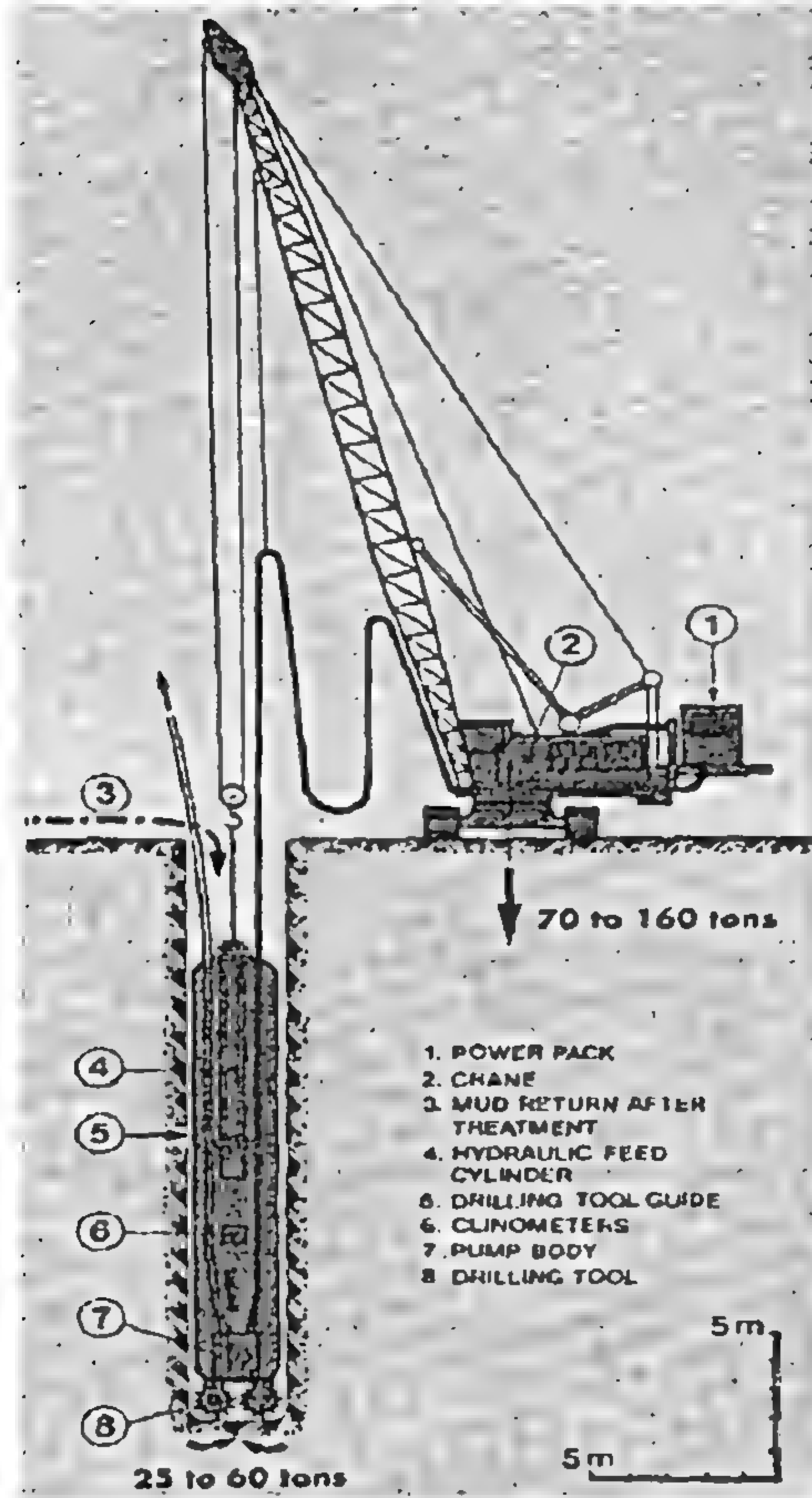
Property	Unit	Fresh Bentonit	Excavation Mud
Unit Weight	T / M3	1.10 -1.20	1.20 - 1.25
Viscosity	Sec	> 35	> 40
Initial Setting	Hour	-	< 15

خطوات تنفيذ الـ Slurry Walls

- ١ تنفيذ الدليل Guide Wall
- ٢ تنفيذ أعمال الحفر بواسطة الجراب Grab
- ٣ صب محلول البنتونيت والأسمنت بحيث يفي بالأغراض التاليه :
 - أ- يجب أن يتحمل الحائط القوى الخارجيه.
 - ب- يجب إزالته بسهولة بطرق الحفر العاديه.
 - ج- يجب تحديد سمكه ومقاومته للجهود المعرض لها والعمق التصميمى المناسب.

الباب الثالث عشر : خطوات تنفيذ الحوائط اللوحية

د- يجب تنفيذها قبل تنفيذ ال D.W.



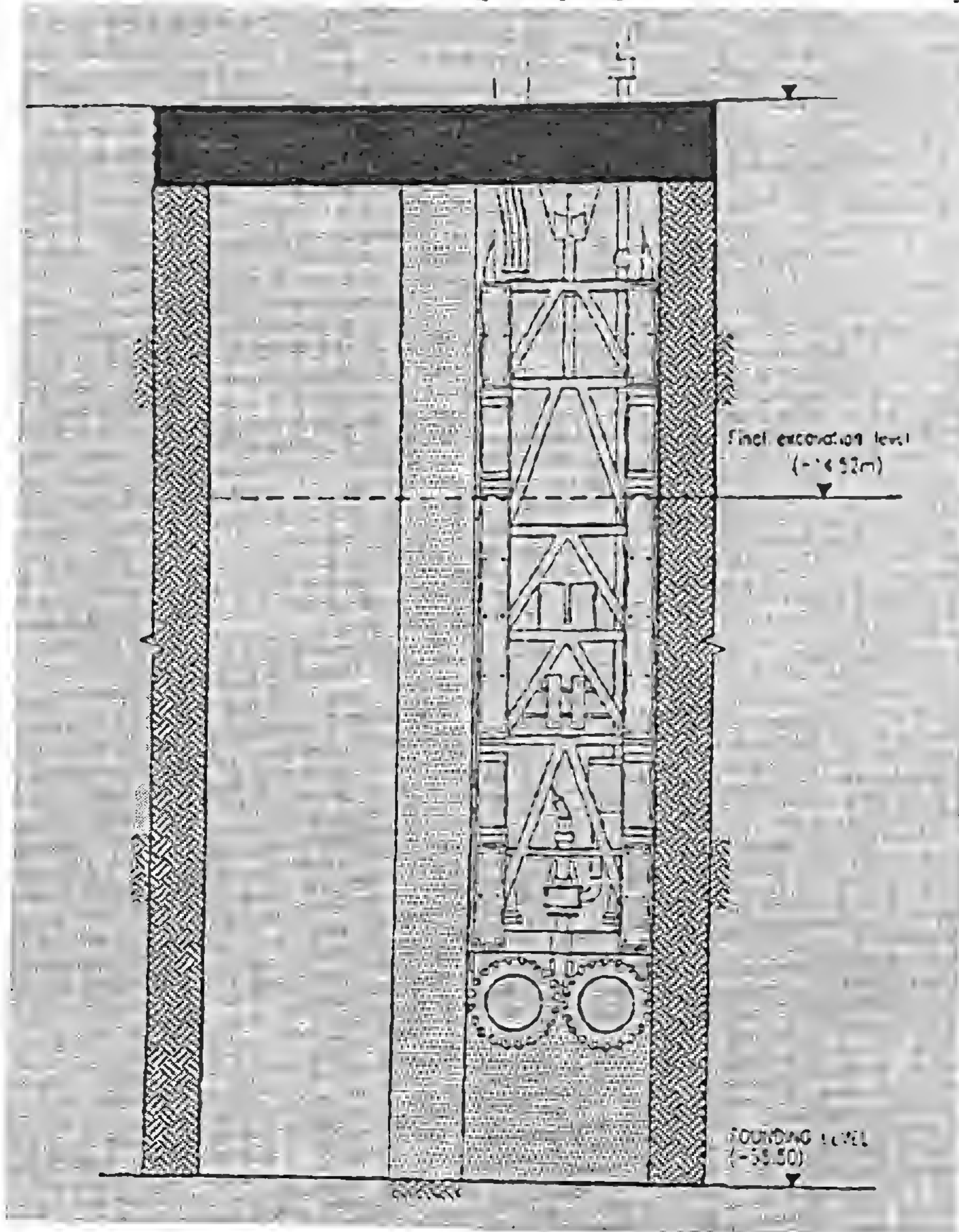
شكل (٤) حفارة حوائط الديافرام أثناء الحفر - طراز آخر



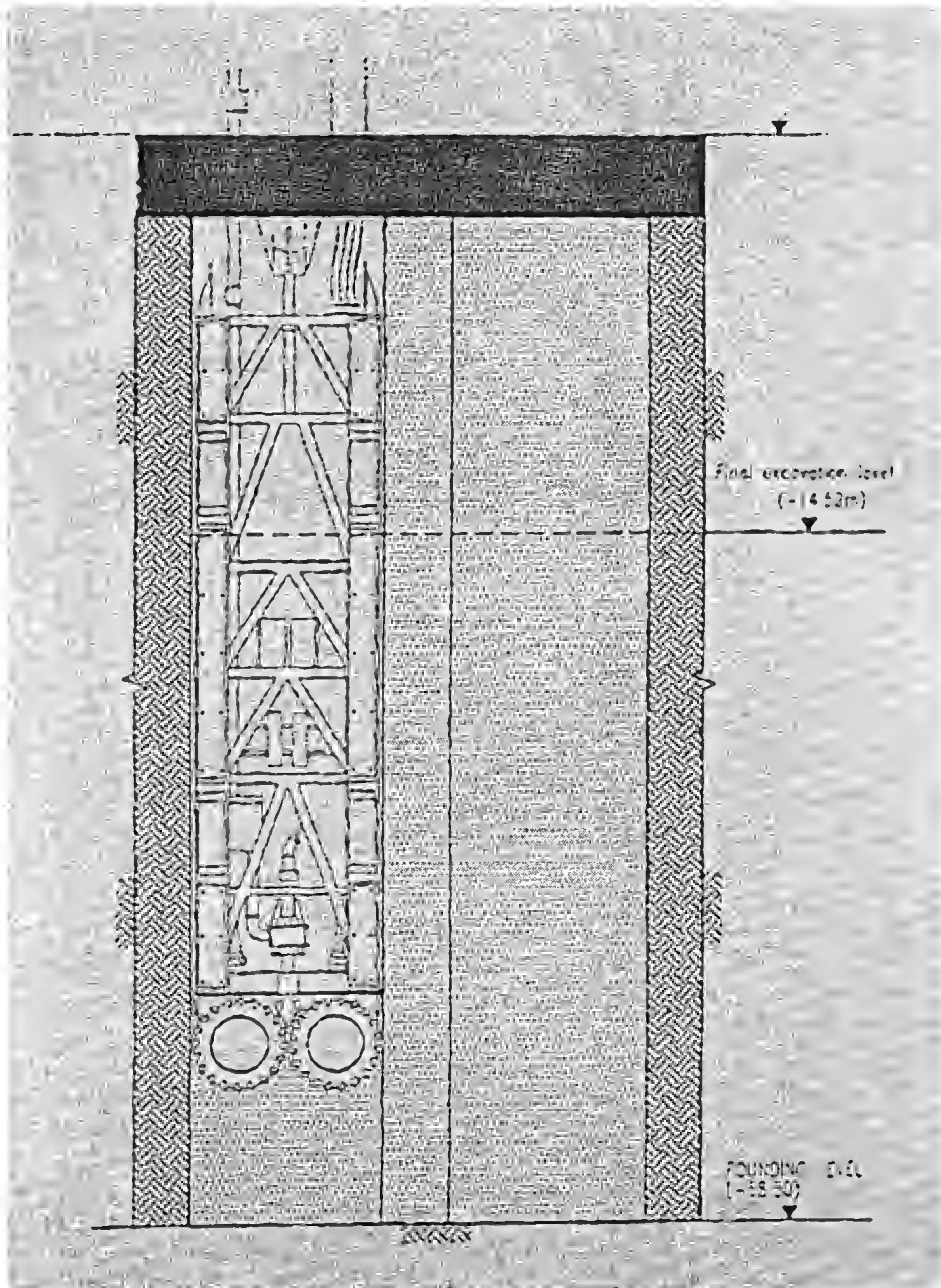
شكل (٤) الجزء القاطع من الحفارة

تقوم الحفارة من هذا الطراز بقطع وأزالة التربة بين حوائط الدليل وذلك بمقاس = عرض الحائط + مسافة صغيرة للخلوص . يتم دفع البيتونايت الي الحفر . ناتج الحفر مع وجود مياه أرضية يكون روبة . تضخ هذه الروبة بواسطة طلمبة الروبة الموجودة بين التروس الناقطة من أسفل . تضخ الروبة الي الخارج عن طريق خراطيم بالمعدة الي الخارج .

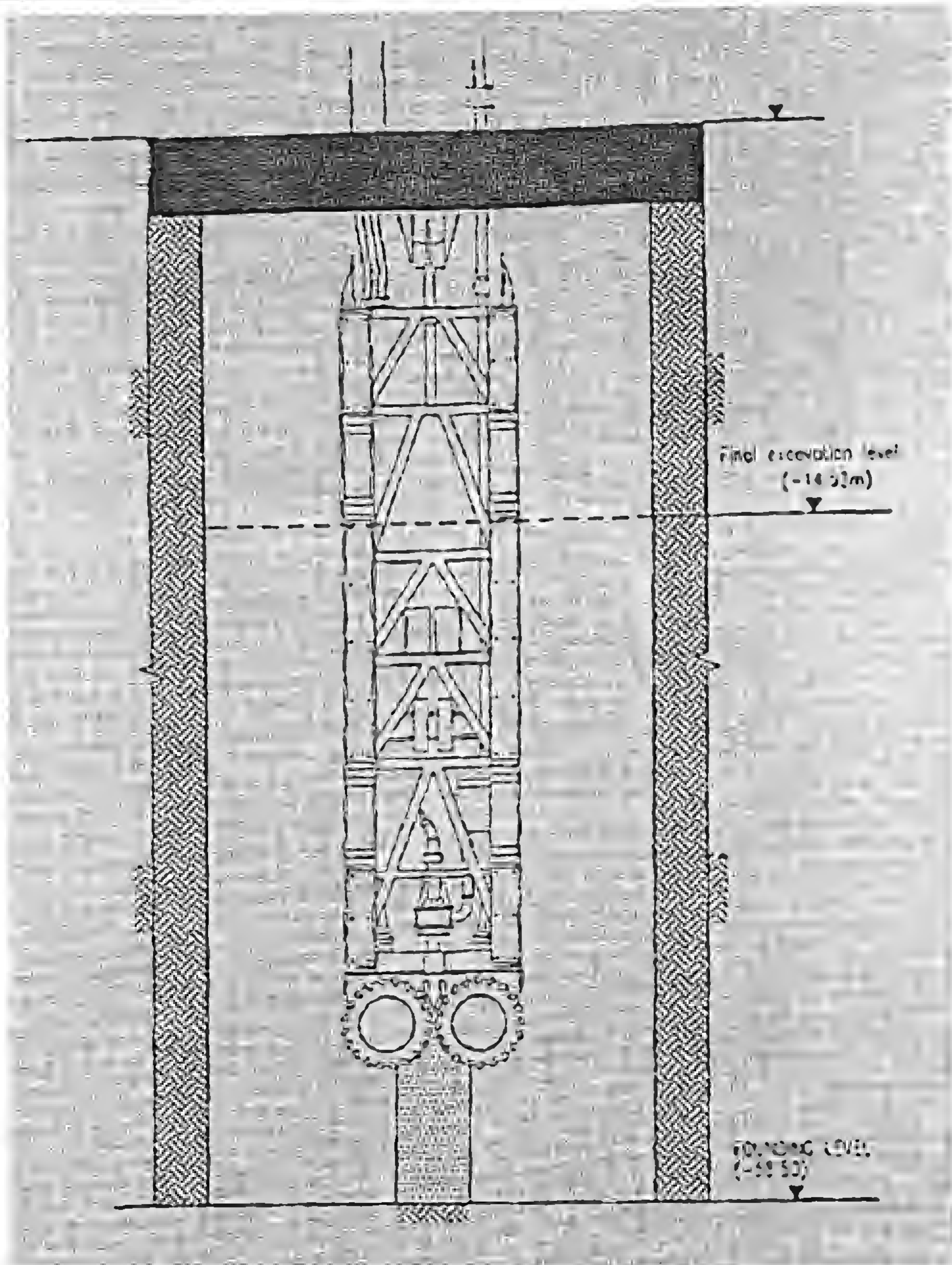
يلاحظ في هذه المعدة عدم الاحتياج الي ألواح النهاية المعدنية Stop End .



شكل (٤) حفر الجزء الأيمن من الحائط



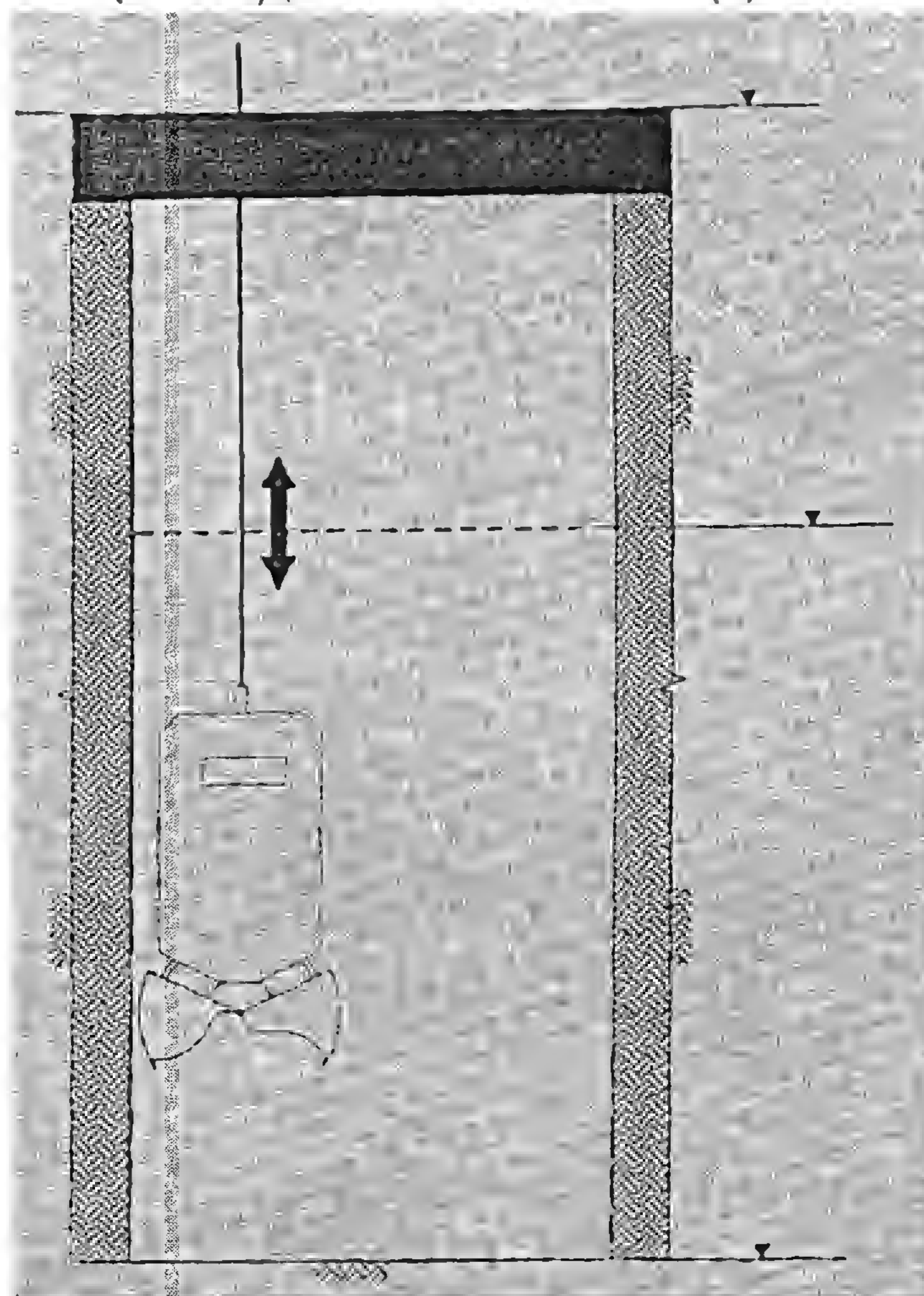
شكل (٤) حفر الجزء الأسفل من الحائط



شكل (٤) حفر الجزء الأوسط المتبقي من الحائط



شكل (٥) حفارة Grab لحوائط الديفرام (طراز آخر)



شكل (٥) تنظيف الحفر و إزالة اسواقط باستخدام الجراب

اعداد وتنزيل حديد التسليح :

يتم تجهيز حديد التسليح علي شكل قفص بطول الأسياخ وكذلك لحام الكانات العرضية. عند تجهيز التسليح في الورشة ، ينقل الي موقع العمل . يقوم الونش برفعه ثم تنزله داخل الحفر مع تثبيت التخانات المقررة للغطاء الخرساني (٧ سم) . قد يتطلب عمق الحفر أكثر من قفص تسليح ، وعند ذلك يتم تنزيل أول قفص ويبقى الأطراف الأخيرة لحديد التسليح .يثبت هذا القفص ثم نأتي بالقفص الثاني ويتم لحام الوصلات مع بعضها ثم ننزل القفصان وهكذا .

صب خرسانات حوائط الديافرام :

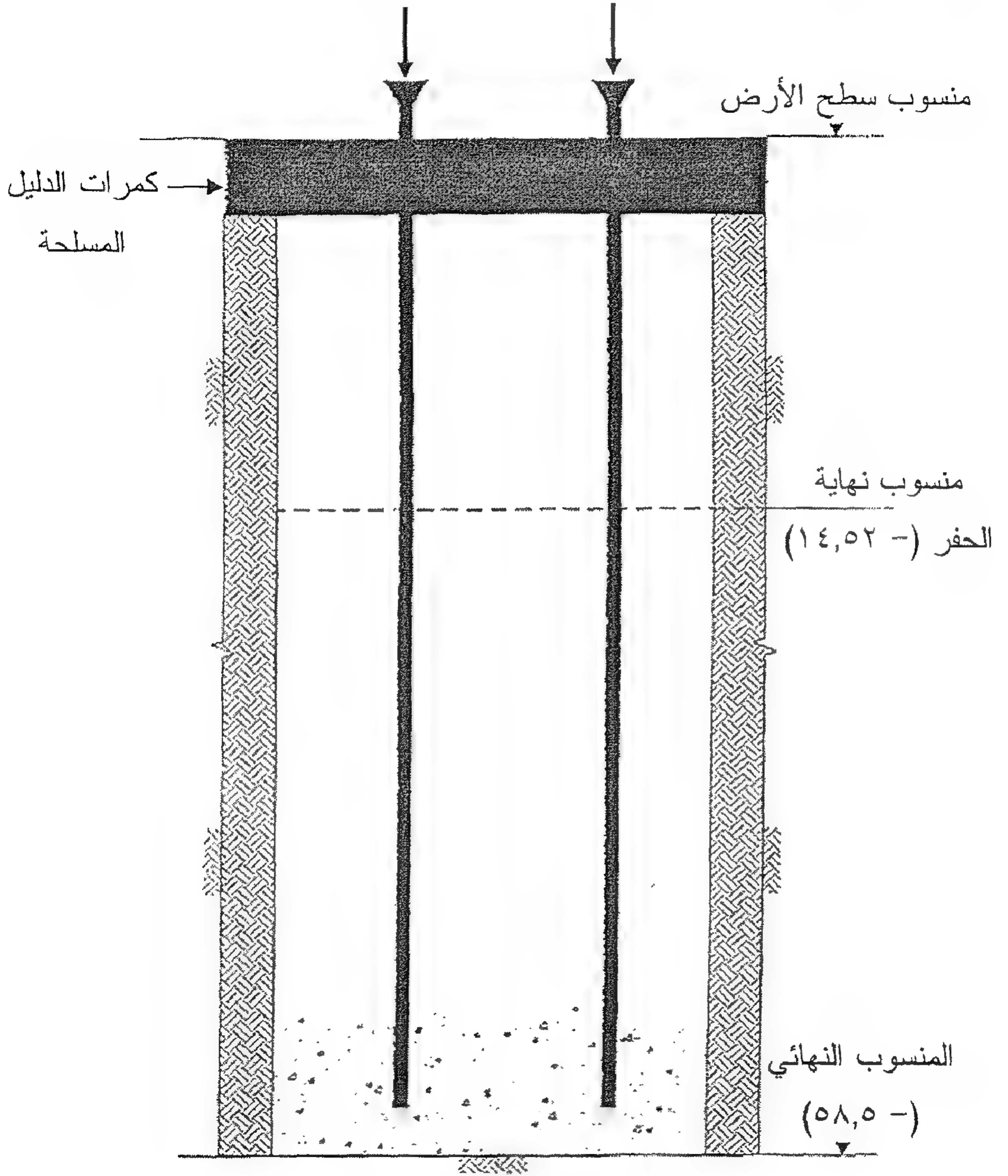
بداية الصب :

١ - تركيب ٢ مزاب Tremie Pipe (قمع مزود بمواسير تصل الي مسافة ٢٠ سم من قاع الحفر) .يستقبل هذا القمع الخرسانات الخضراء ويوجهها الي أسفل - شكل (٦) .

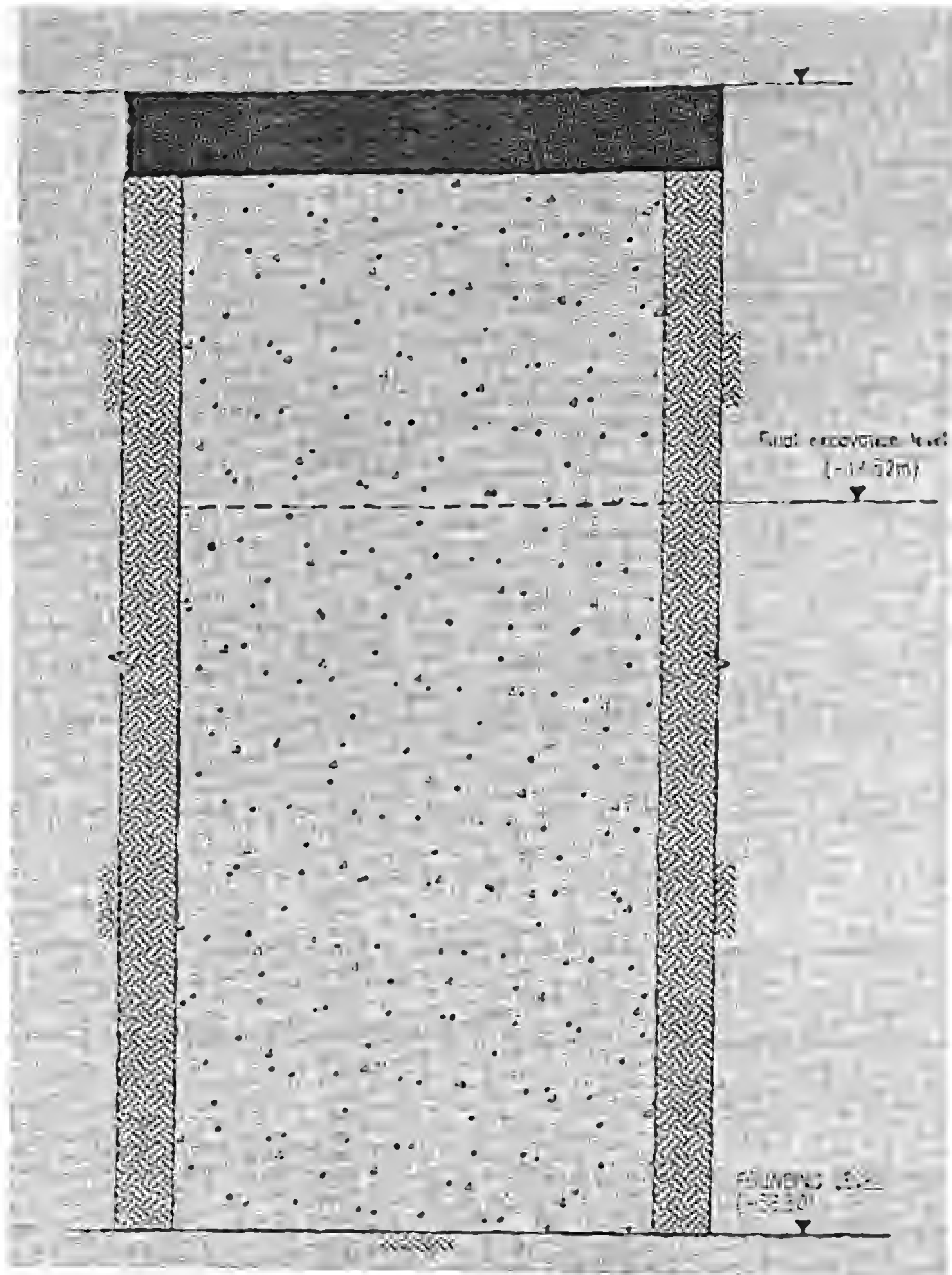
٢ - عند أمتلاء القمع بالخرسانة ، يقوم مشغل الونش برفع المزراب ١٠ - ١٥ سم . تتدفق الخرسانة الي القاع ثم يملأ القمع مرة أخرى وهكذا .

يلتزم مشغل الونش بجعل نهاية ماسورة المزراب من أسفل مغمورة باستمرار في الخرسانة الخضراء .

السبب في ذلك أنه قد ينهار جزء أو أجزاء من جوانب الحفر ، في هذه الحالة يسقط علي سطح الخرسانة الجاري صبها ولا يختلط بها . وباستمرار الصب وعند اكتمال صب الحائط ، نري مخلفات الأتربة الساقطة ويتم أزالتها بسهولة .



شكل (٦) صب حوائط الديافرام



شكل (٦) حالة الدبافرم بعد نهو الصب

نموذج توكيد وضبط الجودة QA/QC Form

تقرير رقم :		التاريخ :	
المشروع :		العميل :	
الموقع :		مهندس الموقع :	

بيانات الحائط :

حائط رقم :		عمق الحفر	
سمك الحائط :		عرض الحائط :	
عمق الحائط :		منسوب الأرض :	
منسوب سطح المياه :		هبوط الخرسانه :	
حجم الخرسانة الفعلية :		حجم الخرسانة النظرية :	

خواص محلول البنتونيت :

وزن وحدة الحجم :		قلوية المحلول PH :	
لزوجة المحلول :		نسبة الرمل :	

حديد التسليح :

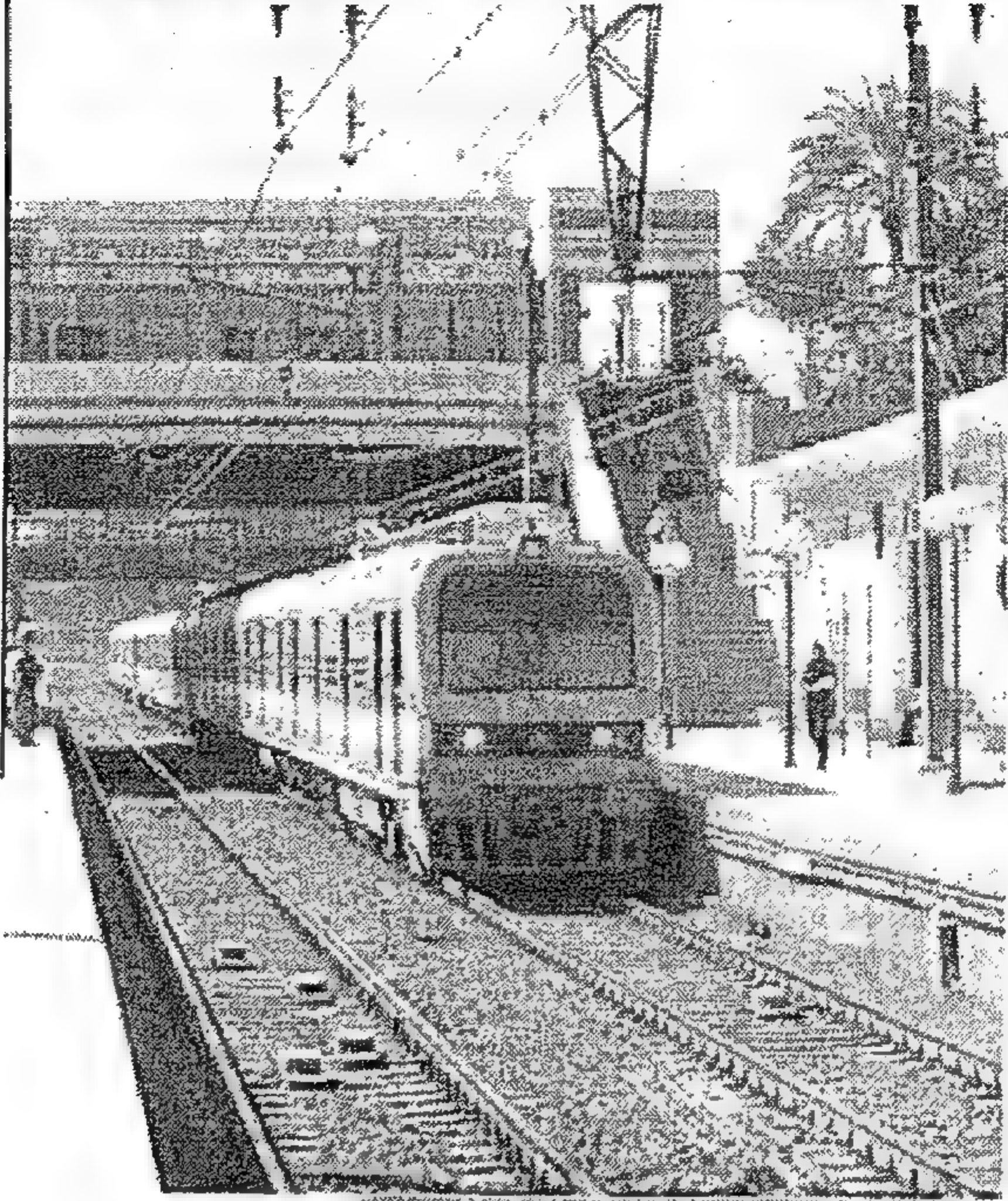
تجميع حديد التسليح :		تركيب القفص الحديد :	
هل يرتفع القفص أثناء أو بعد الصب :			

البيان	مهندس الشركة	الإستشاري	مهندس المالك
الإسم :			
التوقيع :			
التاريخ :			

2

الإنشاءات المتميزة

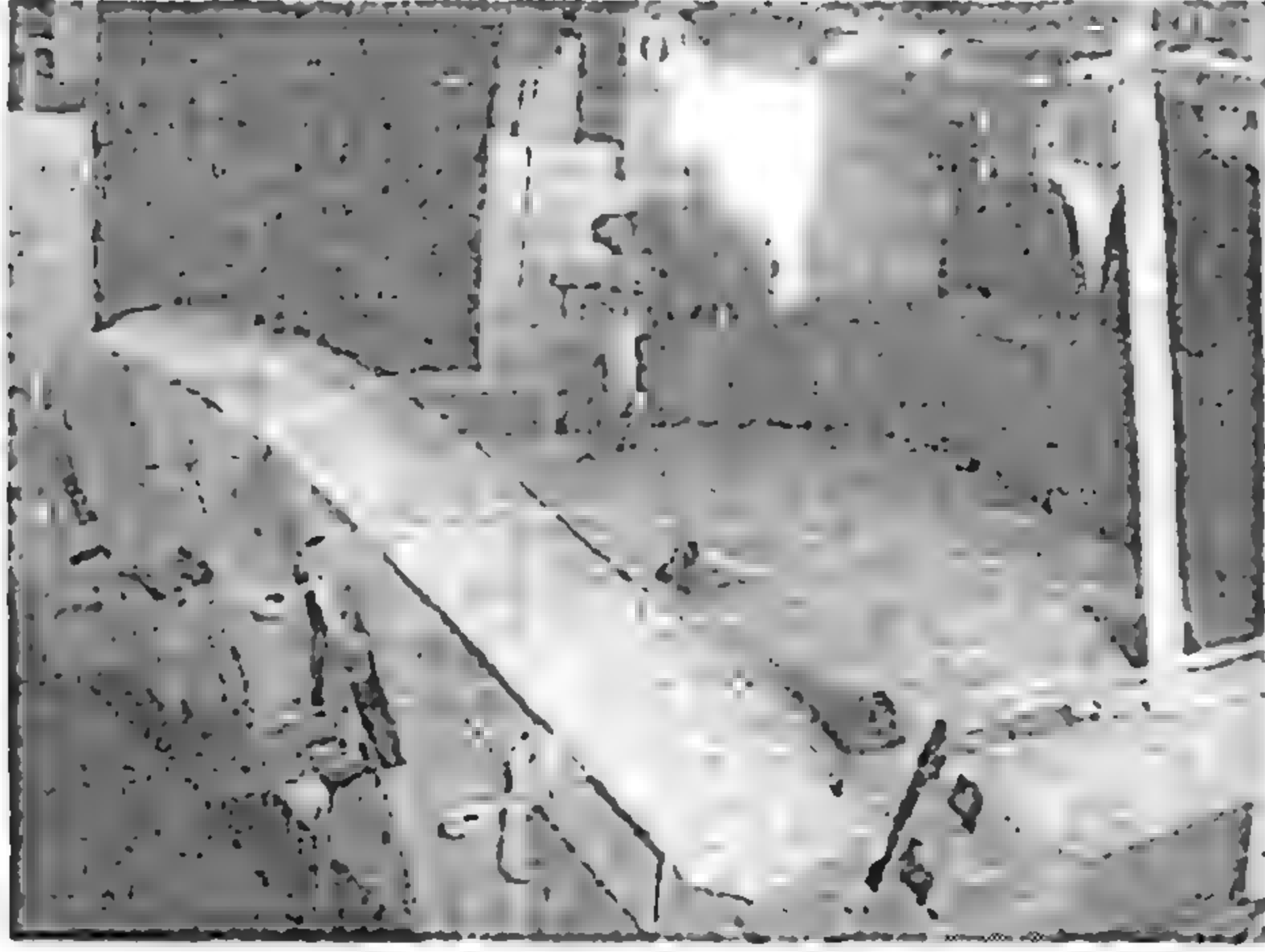
عزرو انفاق القاهرة



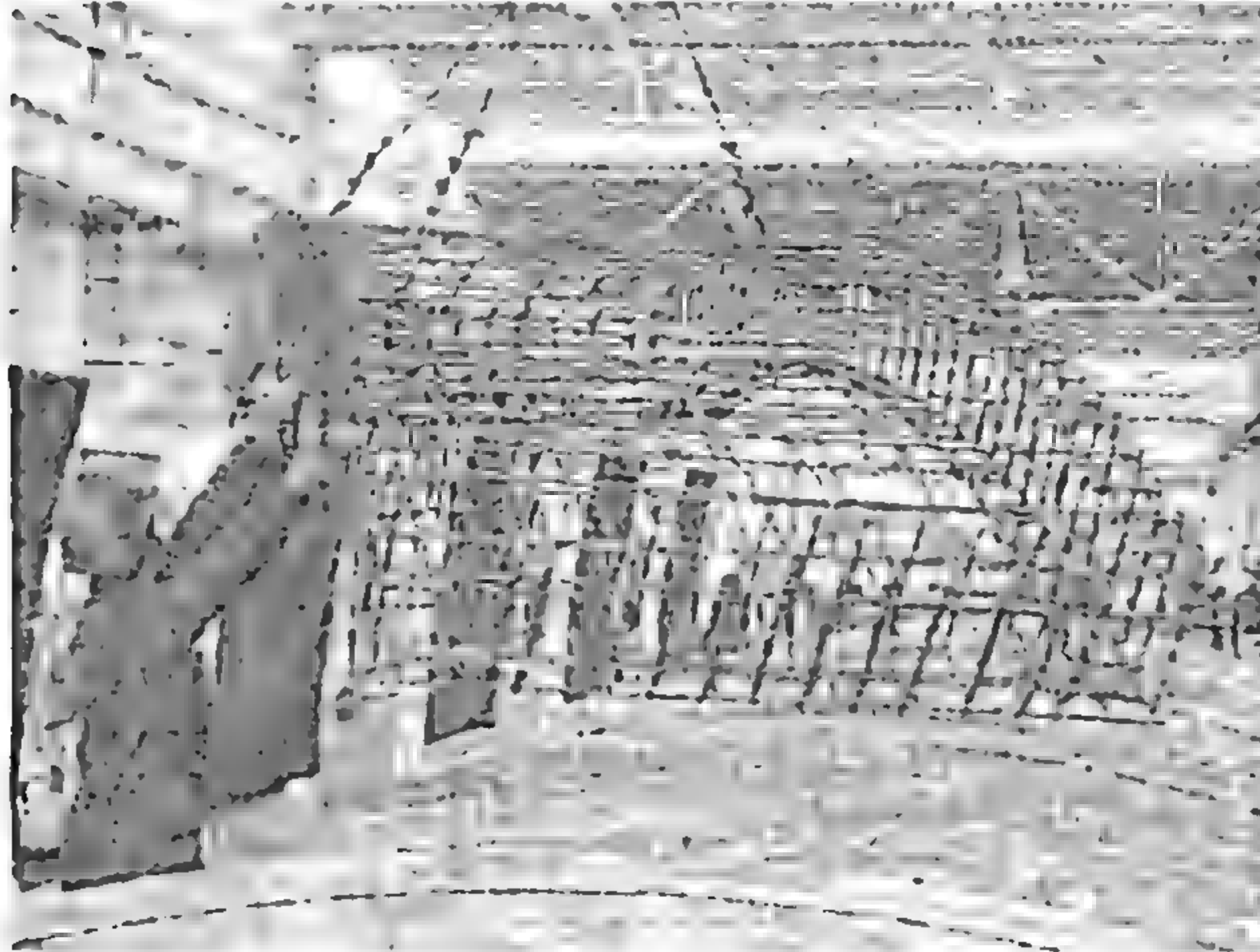
الباب الرابع عشر

تصنيع ونقل القطع الخرسانية
المكونة لجسم النفق

تصنيع ونقل القطع الخرسانية المكونة لجسم النفق



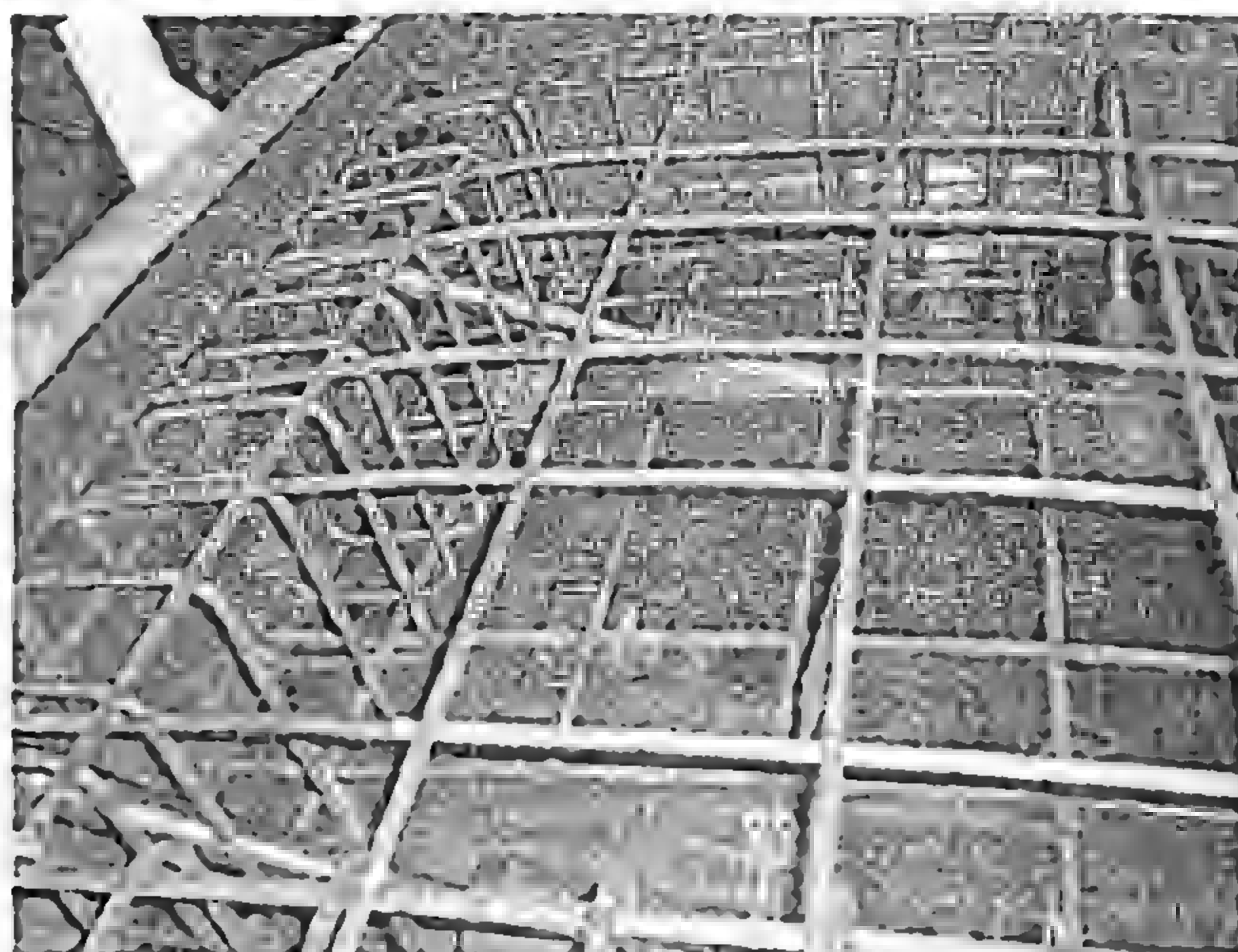
أعداد وتجهيز الفرمة المعدنية لصب الشريحة الخرسانية



تجهيز تسليح الشريحة الخرسانية



ضبط تسليح الشريحة الخرسانية Segment داخل الفرمة داخل ورشة التصنيع



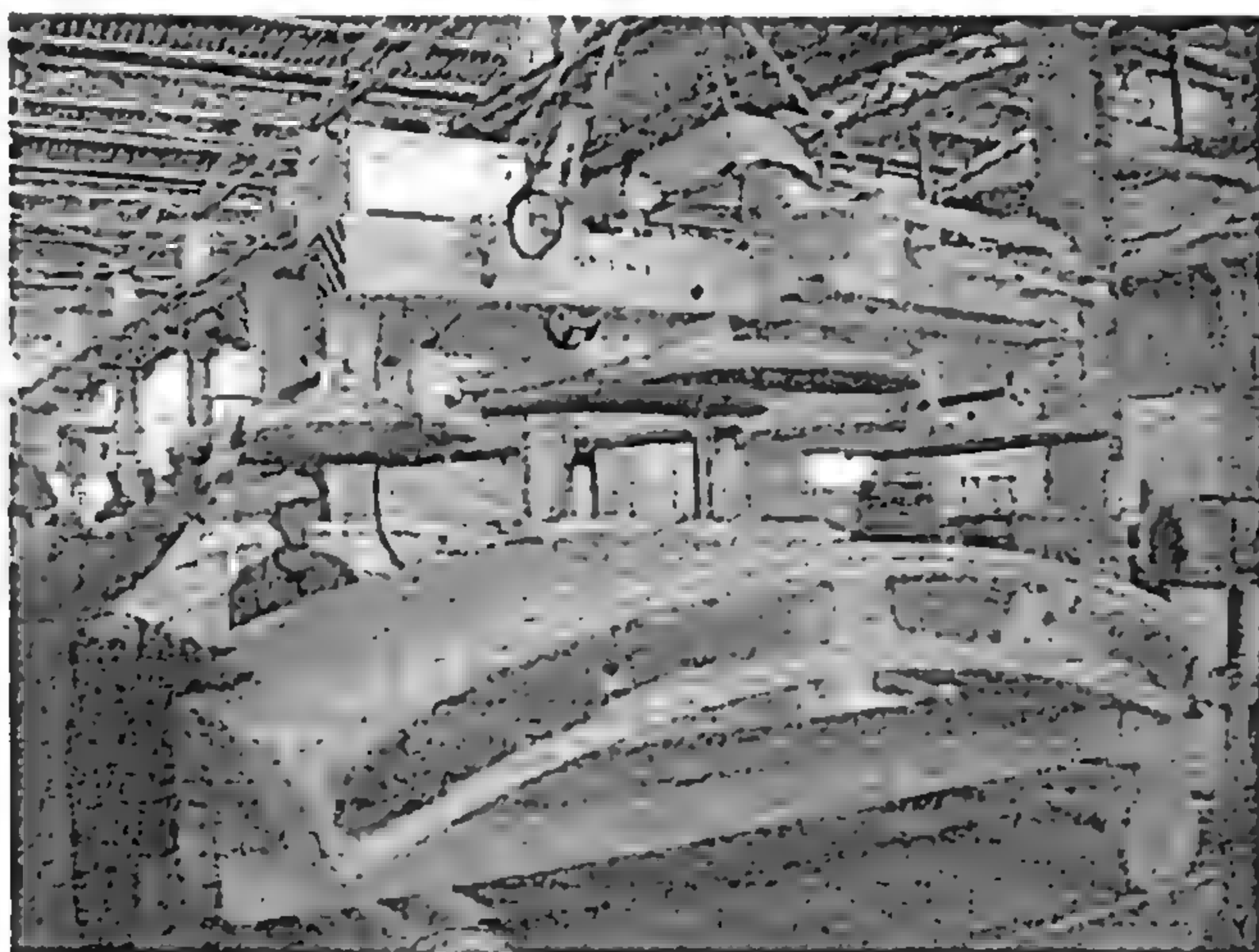
ضبط تسليح الشريحة الخرسانية Segment داخل القمرة داخل ورشة التصنيع



صب الشريحة الخرسانية بورش التصنيع



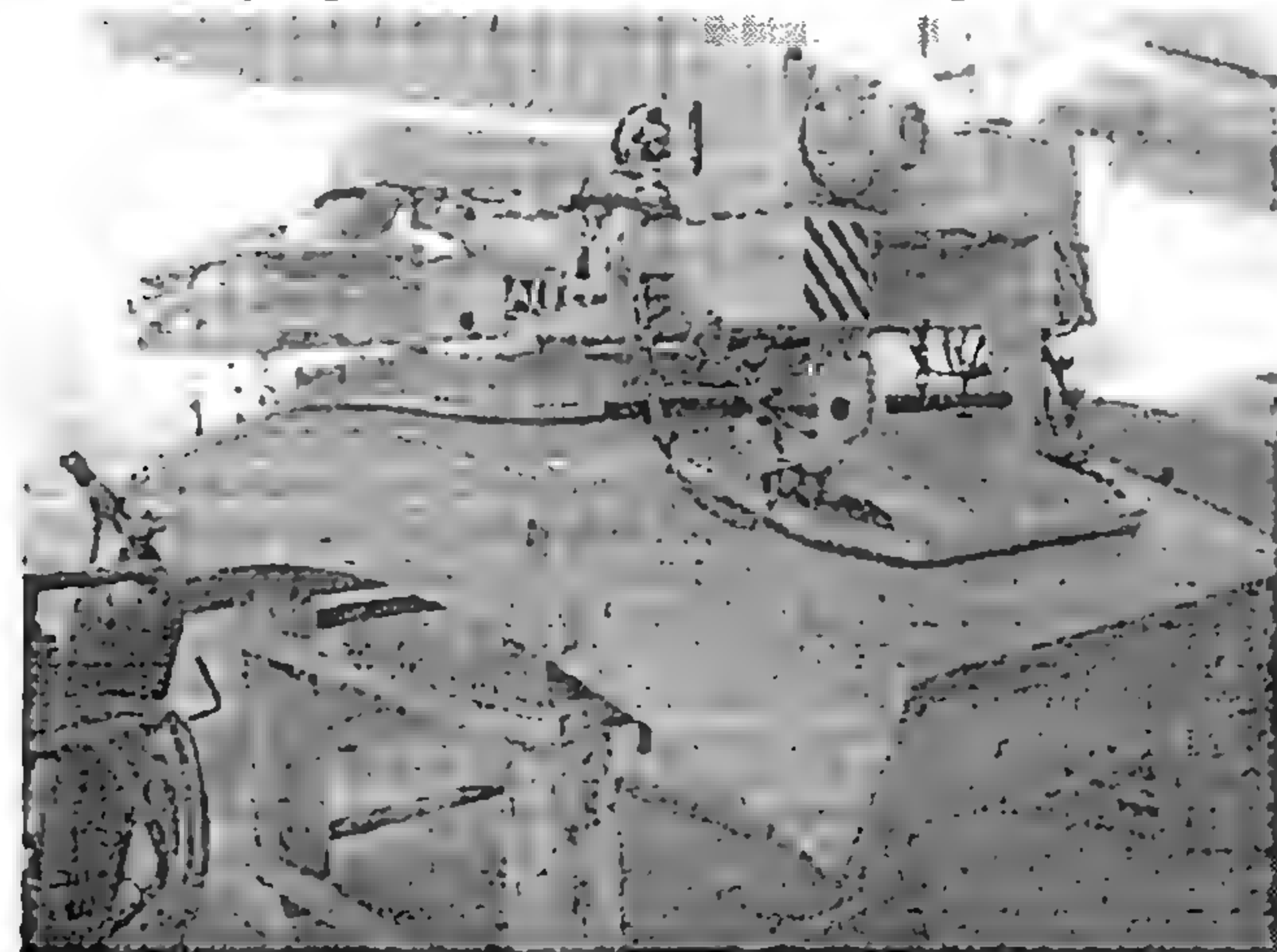
الشريحة الخرسانية بعد أتمام الصب



تحميل القطع الخرسانية من الورشة للنفق



تحميل القطع الخرسانية من ورشة التصنيع الى النفق



تحميل الشرائح الخرسانية من ورشة التصنيع الى النفق



أعداد القطع الخرسانية بورشة التصنيع

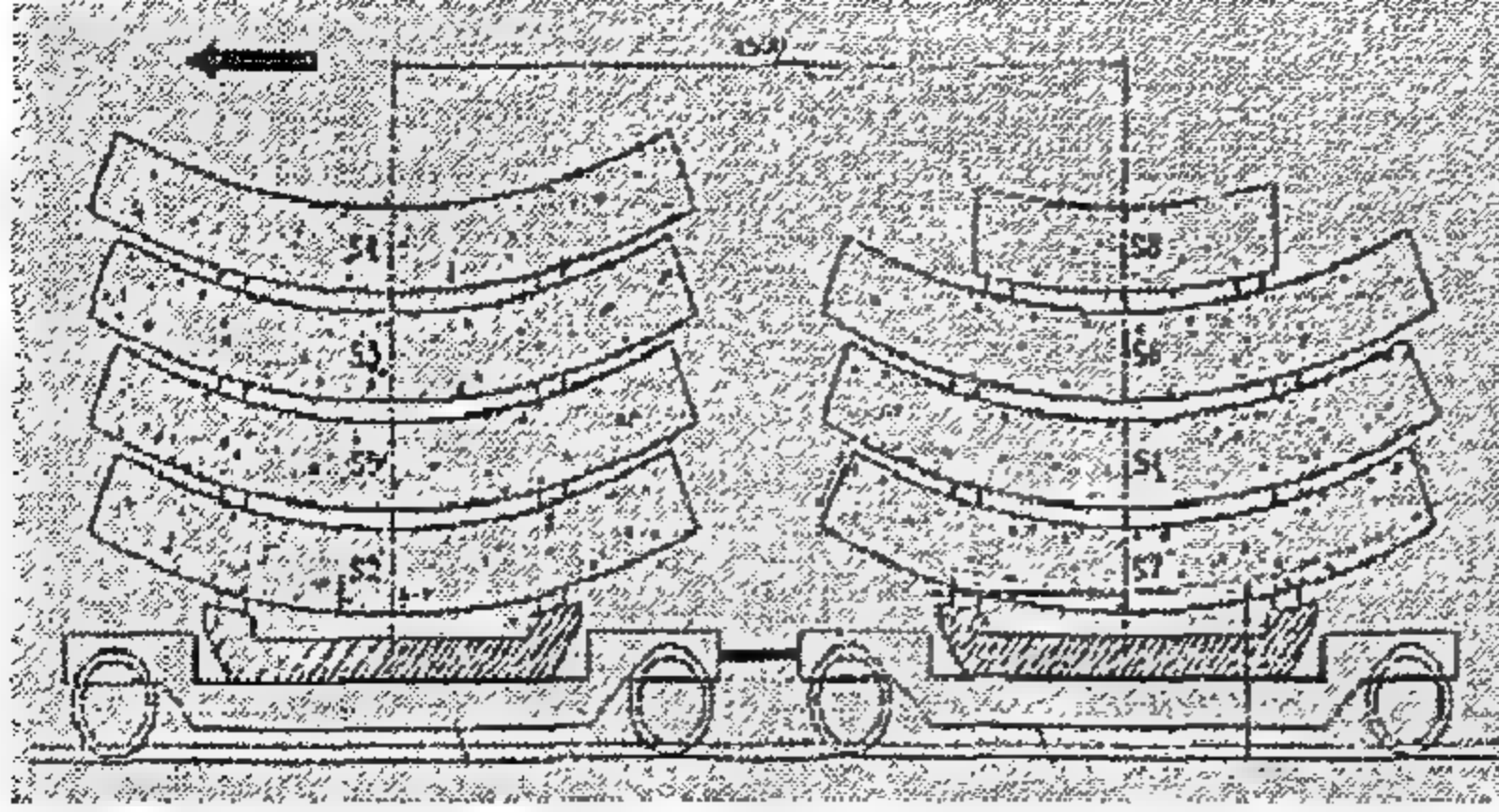


تشوين القطع الخرسانية

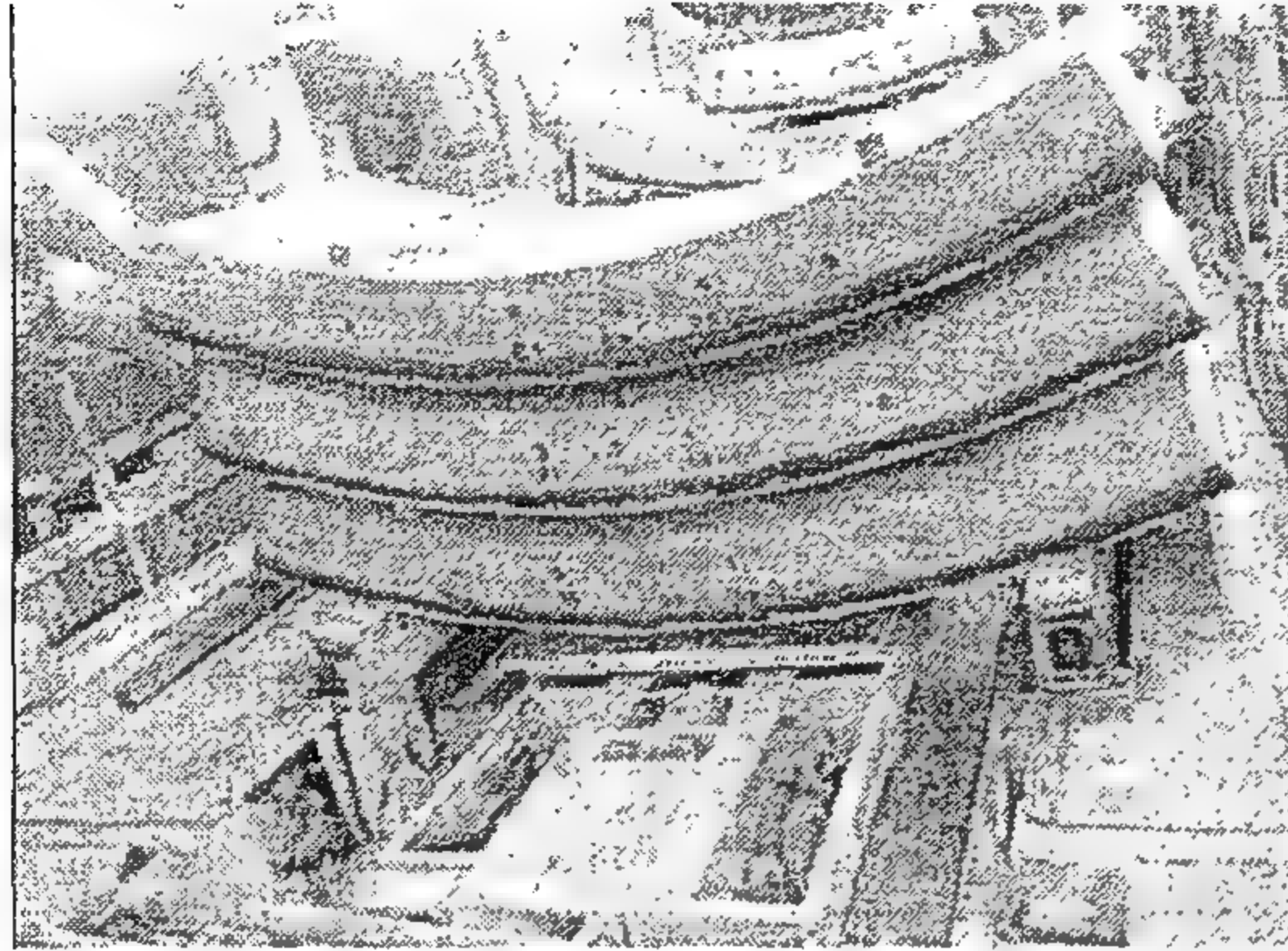


تحميل الشرائح الخرسانية من المخزن الى الموقع

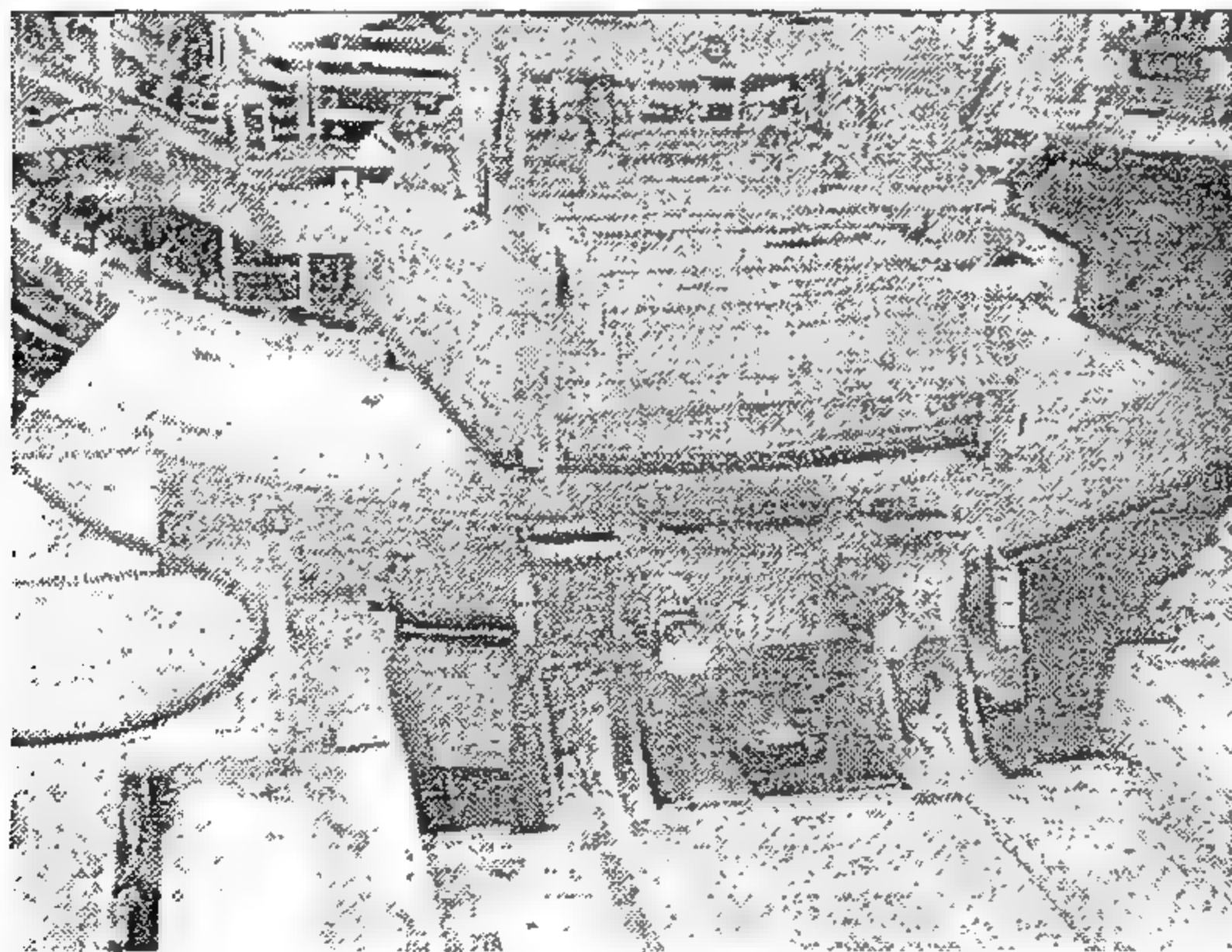
الباب الرابع عشر : تصنيع ونقل القطع الخرسانية المكونة لجسم النفق



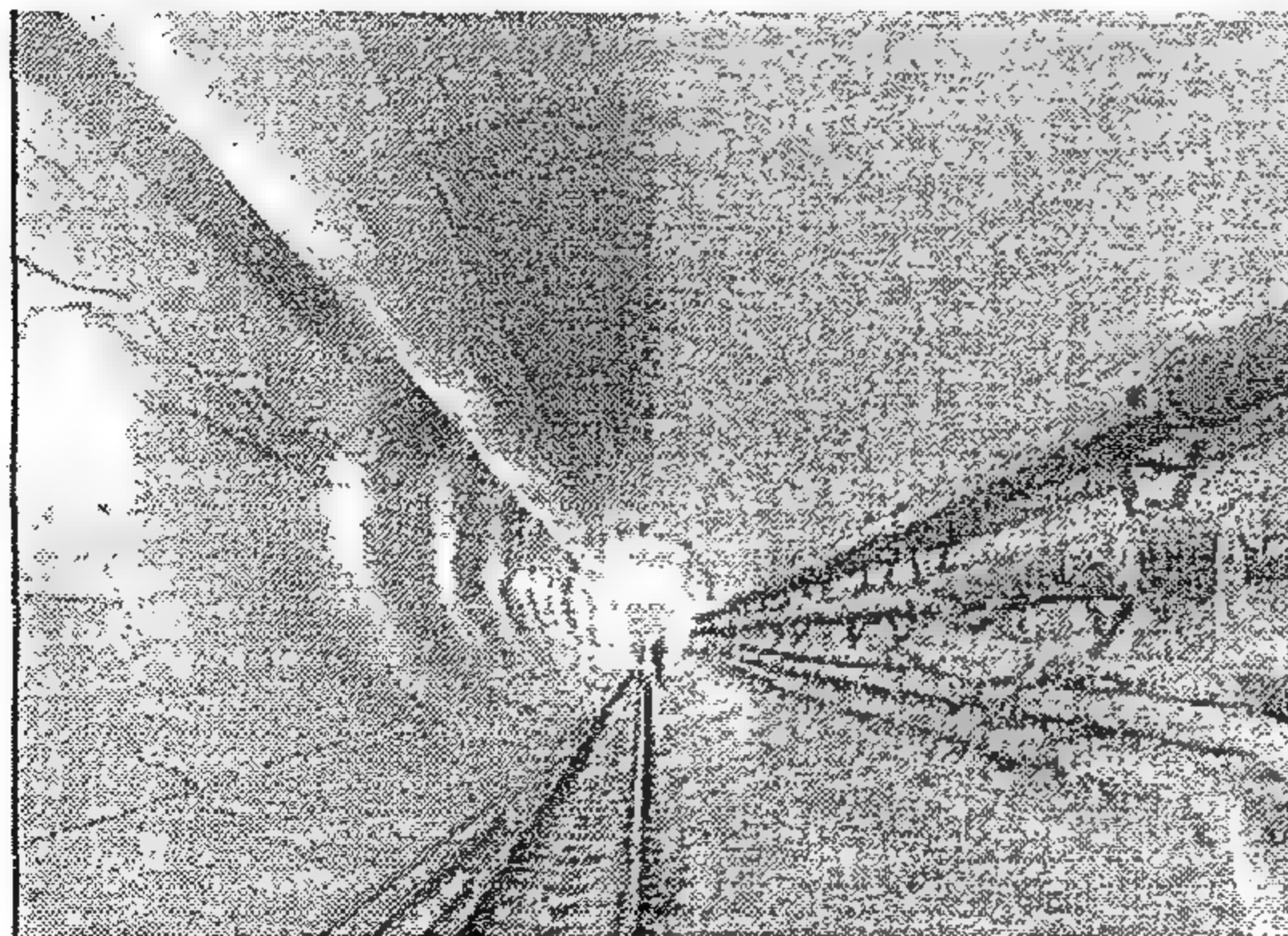
نقل القطع الخرسانية الى ماكينة التركيب Erector



نقل القطع الى داخل النفق



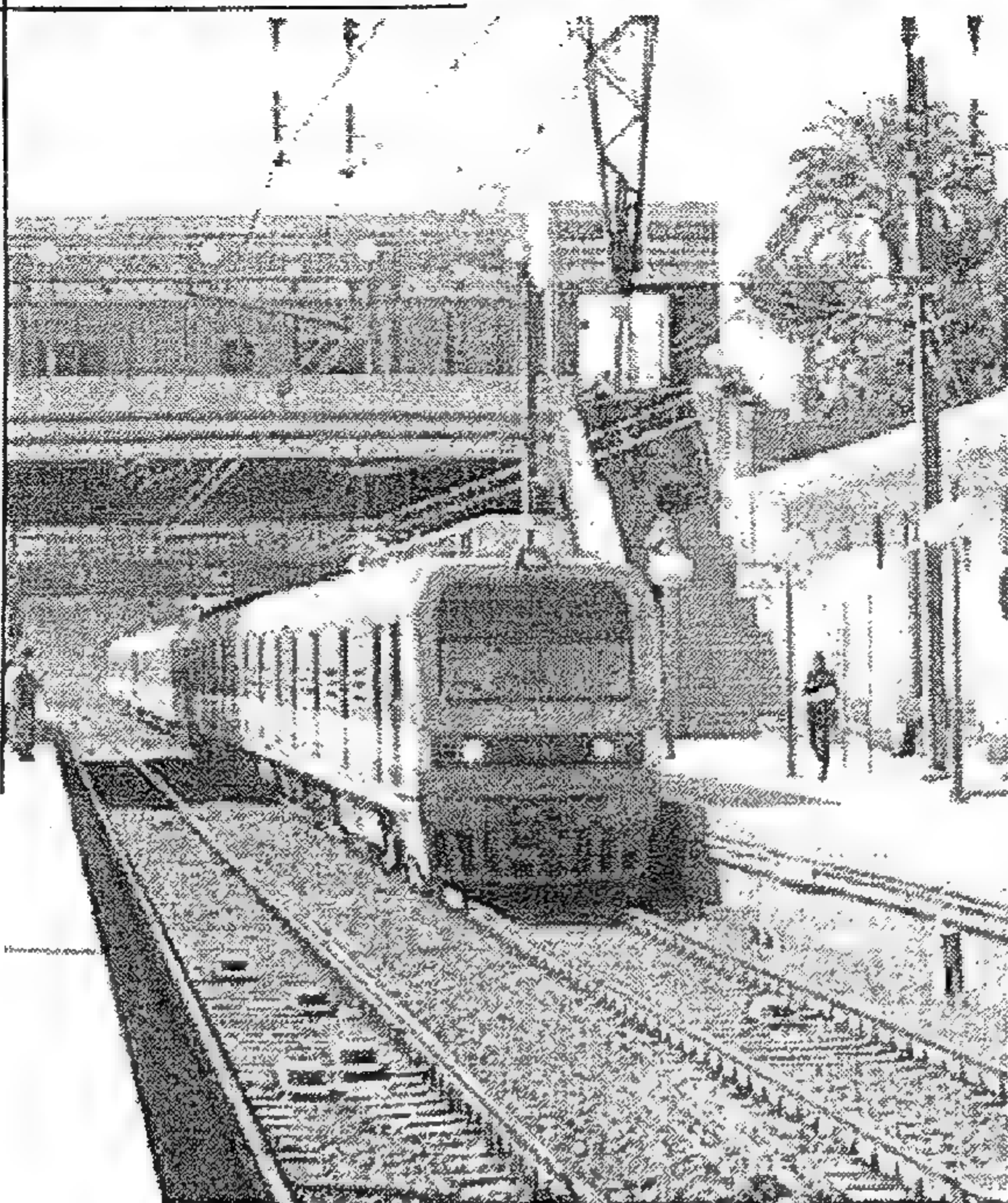
تعتيق القطع الخرسانية



2

الإنشاءات المتميزة

خط مترو أنفاق القاهرة



الباب الخامس عشر

حفر و إنشاء النفق
مترو أنفاق القاهرة - المرحلة الثالثة

حفر خطوط مترو أنفاق القاهرة – المرحلة الثالثة

الحفارة (T.B.M) Tunnel Boring Machine :

المسار النفقى :

- المسار النفقى تم تنفيذ ه بماكينة حفر الأنفاق Tunnel Boring Machine حيث يتم تثبيت التربة أولا أمام الماكينة بمحلول البنتونيت تحت ضغط معين ، ثم بعد ذلك يتم الحفر مع نقل ناتج الحفر أولا بأول إلى محطة التنقية بطللمبة الروبة حيث يتم البنتونيت من ناتج الحفر ويعاد تشغيله من جديد .
- بعد أن يتم الحفر تتم أعمال تركيب وحدات النفق أولا بأول .

تتكون معدة حفر الأنفاق من :

- معدة الحفر الأمامية .
 - مقطورة أولي (خلف الحفارة) : شبكة هيدروليك – مناوول الوحدات الخرسانية .
 - مقطورة ثانية: كابينة التشغيل – نظام حقن المونة – خزان المونة – مضخة الروبة .
 - مقطورة ثالثة : محطة التحكم الكهربائي – ضواغط هواء – مولد كهرباء .
 - مقطورة رابعة : شبكات هواء ومياه – تهوية – كرفانات للعاملين .
 - مقطورة خامسة : حاوية الأمن الصناعي – أسطوانة الكابلات .
- التغذية بالطاقة : تغذي الحفارة بالكهرباء من محطة مستقلة بها ٨ مولدات كهرباء تعمل بالتبادل منشأة فوق سطح الأرض .

توصيل القطع الخرسانية الي الحفارة :

تتقل القاطرة التي تعمل بالبطاريات – شكل (١) ، القطع الخرسانية الي الداخل حتي موقع الحفارة (عند آخر مقطورات الخدمة). يقوم أحد الأوناش برفع هذه القطع الي أعلي ويضعها علي سير ناقل الذي يقوم بنقل هذه القطع الي مكان التركيب . تقوم آلة التركيب Erector المتحركة في كافة الاتجاهات – شكل (٢) ، بتحميل القطعة الخرسانية وتوجيهها الي موقعها في تبطين النفق حيث يقوم العمال بضبطها وتربيطها بالمسامير الخاصة في القطع السابقة .

ملحوظة :

يكون تحميل ورفع القطع الي مكانها المحدد بنظرية خلخلة الهواء .

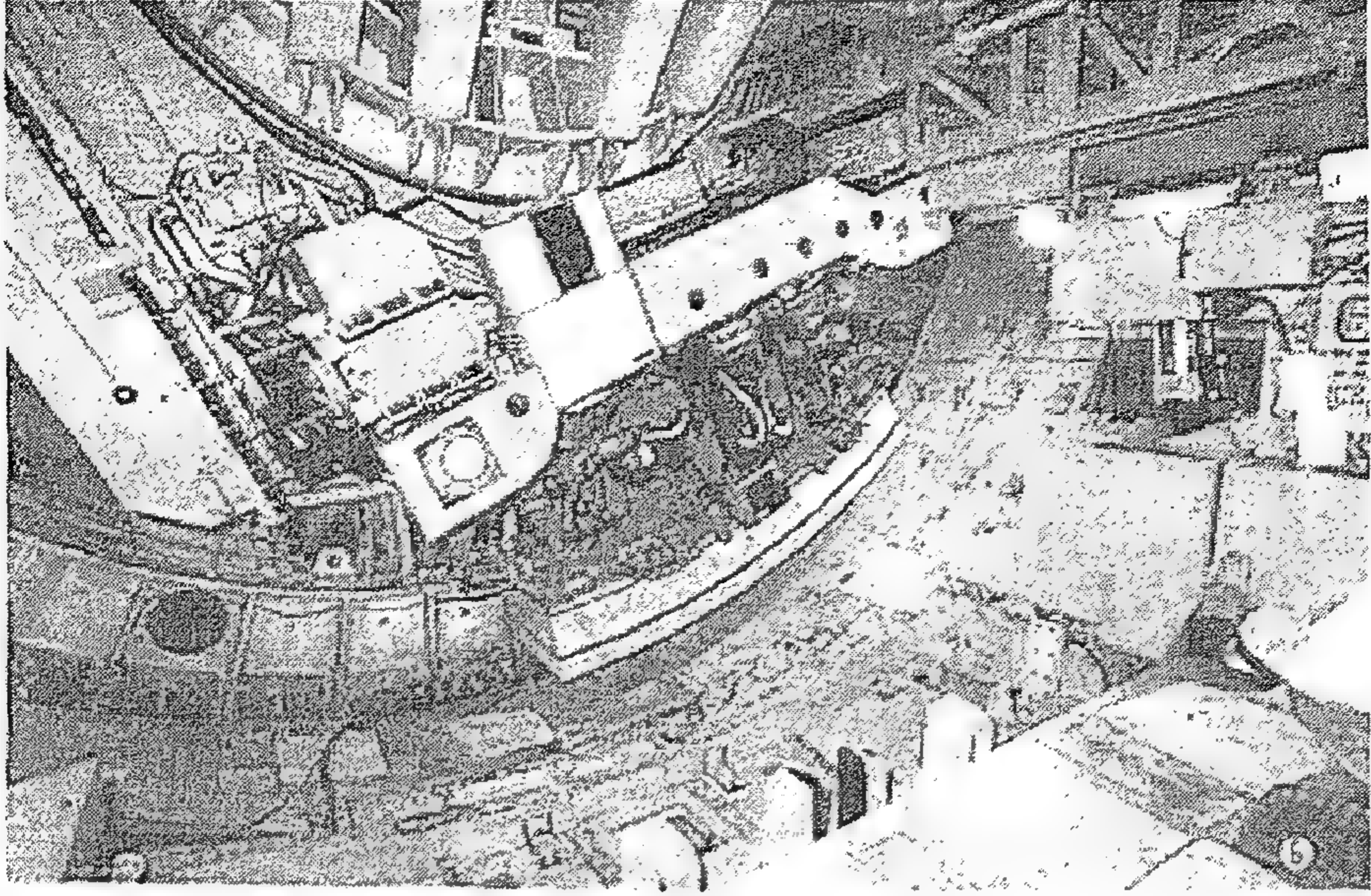
توصيل القطع الخرسانية الي موقع التركيب :



شكل (١) قاطرة صغيرة تعمل بالبطاريات تقوم بنقل القطع من أول النفق الي مكان التركيب



فتحة في سقف إحدى المحطات لتزليل مهمات العمل والحفارة والقطع الخرسانية



شكل (٢) ماكينة تركيب القطع الخرسانية

حفر النفق :

تقوم الحفارة بحفر النفق بالدوران دائريا حول المحور الأفقي للنفق ، في واجهة الحفارة توجد أسنان قاطعة لحفرو وتفثيت التربة أثناء الدوران - شكل (٣) ، كما تكون روبة البنتونايت (الآتية عبر المواسير من سطح الأرض) ، مضغوطة أمام واجهة الحفارة لسند واجهة الحفر أمام الحفارة .

عند بدء الحفر ودوران الحفارة ، تتساقط التربة أمام واجهة النفق مختلطة بالبنتونايت في مكان أسفل واجهة الحفارة مكونة خليط من التربة والبنتونايت لتسحبها طلمبة الروبة الي خارج النفق - عن طريق المواسير - الي مكان فصل البنتونايت عن حبيبات التربة فوق سطح الأرض في أحواض خاصة .

قد تكون التربة مختلطة ببعض الأحجار أو الكتل الصخرية ، تتجمع هذه الكتل في مكان أسفل واجهة الحفارة ليقوم فكي كسارة - في واجهة الحفارة - بتكسير هذه الكتل الصخرية الي كتل صغيرة تستطيع ماكينة شفط الروبة سحبها الي خارج النفق . عند الانتهاء من حفر مسافة ١,٥ متر طولي من النفق ، تتكمش كواريك الحفارة لتفصح مسافة تسمح بتركيب حلقة خرسانية بكامل محيط النفق مكونة من عدة قطع خرسانية .

يبدأ تركيب القطع الخرسانية للنفق بواسطة آلة التركيب Erector والمسامير الخاصة من ستينلس ستيل المقاومة للصدأ التي تجمع وتربط القطع مع بعضها في الاتجاه المحيطي والاتجاه الطولي لتكون حلقة من النفق بطول ١,٥ متر.

تبدأ كواريك الحفارة في الانفراج مرتكزة علي الحلقة الخرسانية الأخيرة بعد انتهاء تركيبها لتبدأ حفر حلقة ثانية .

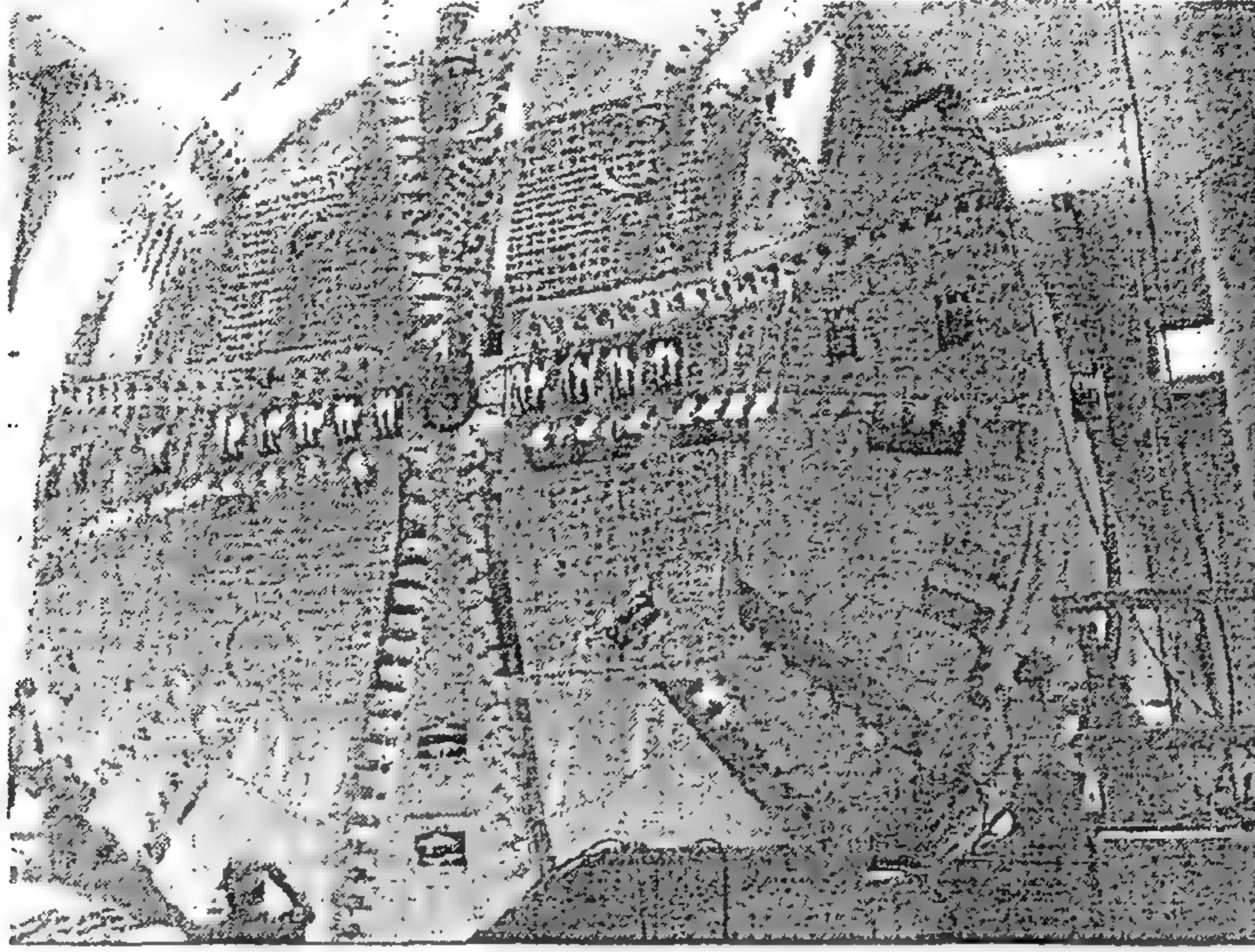
تقوم الحفارة بضغط خلطة من الأسمنت والرمل والزلط الرفيع (مثل حبات البازلاء Pea Gravel) خلف الحلقة الخرسانية الأخيرة (عملية الحقن) لتكون غلافاً إضافياً يسمك ٥ سم لمقاومة الرشح وتقوية النفق .

ملاحظة :

قد يحدث تسرب مياه أرضية من بعض الأماكن بالنفق ، يتم عمل حقن إضافي من خلال الثقوب الموجودة في منتصف القطع الخرسانية تحت ضغط الهواء حتي يمتنع الرشح .

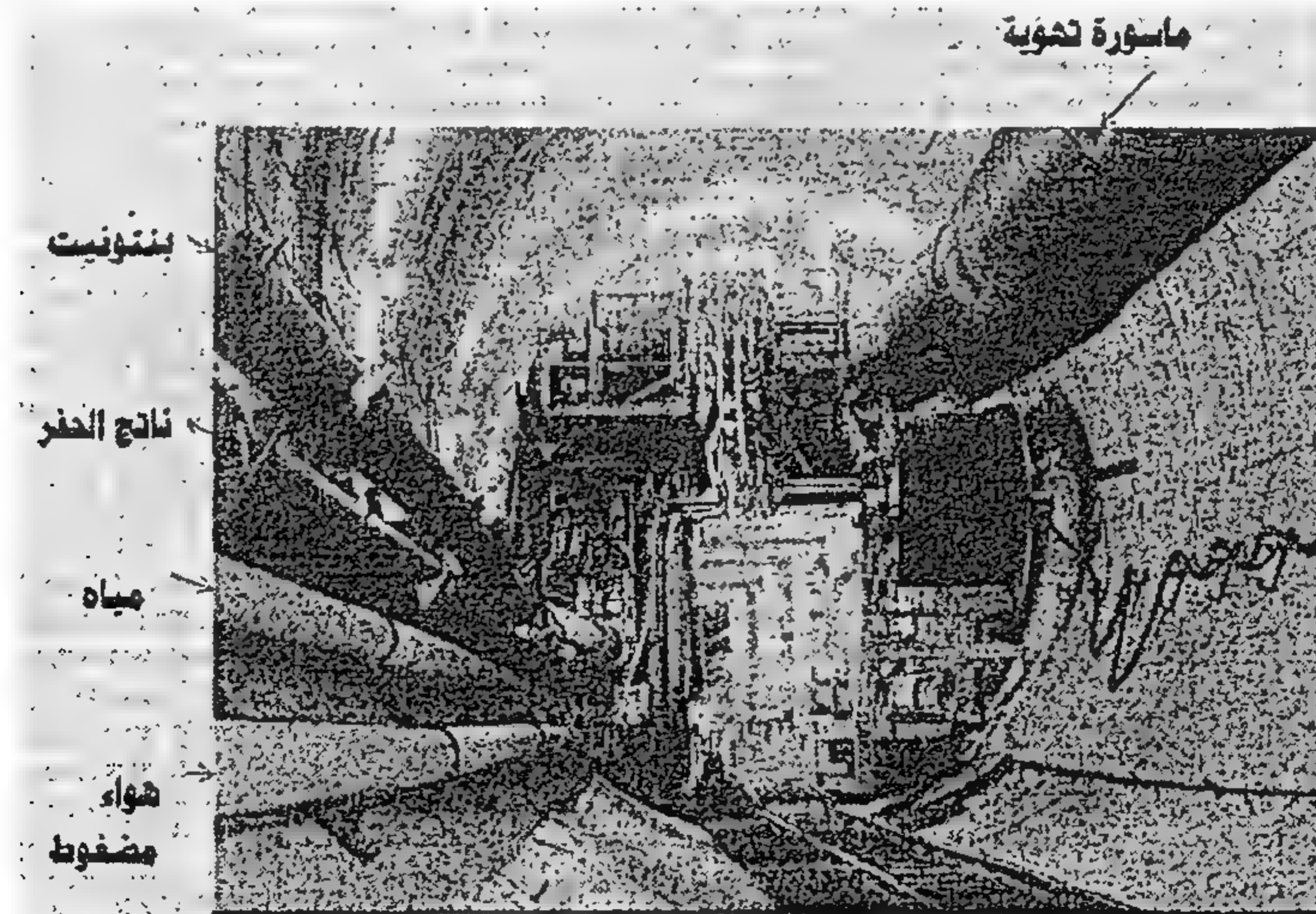


شكل (٣) الحفارة (نفرتي) ، العاملة في حفر أنفاق القاهرة الكبرى



شكل (٣) الحفارة نفرتيتي

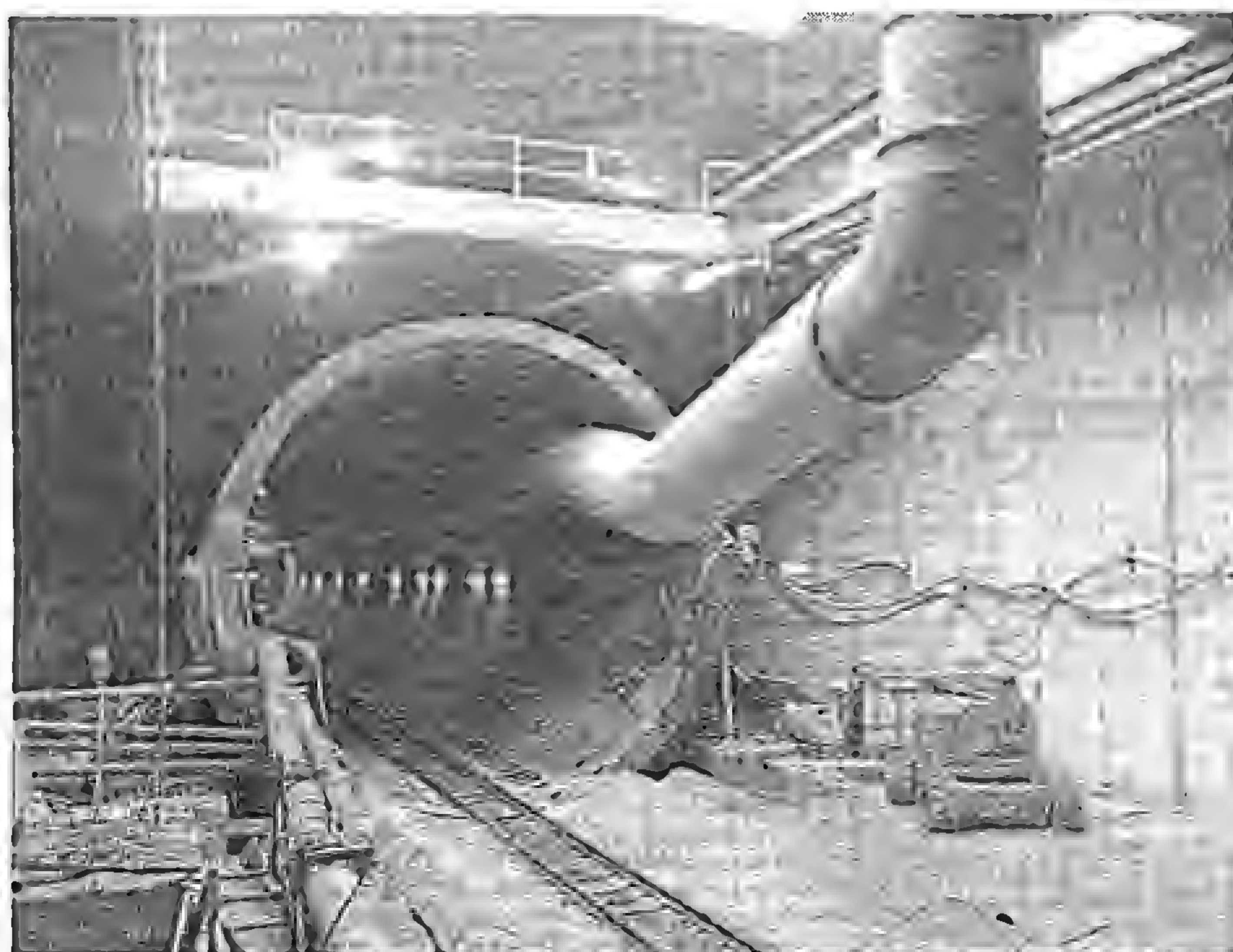
عند بناء النفق ، يلزم أعمال تهوية للنفق من الداخل ، كما يجب توصيل الخدمات مثل مواسير ضخ البنتونايت ومواسير سحب الروبة وكابلات الكهرباء ٠٠٠ - شكل (٤) . عند بدء أعمال النفق ، أو عند وصوله الي أحد المحطات ، تقوم الحفارة بتهشيم وتكسير حائط المحطة والدخول إليها . تكون موقع الدخول محددًا بكل دقة ، كما تكون الحائط الذي تقوم الحفارة بتهشيمه وأزالته من خرسانات ضعيفة وغير مسلحة بتسليح ثقيل - شكل (٥) ، يوضح الحفارة أثناء دخولها الي محطة محمد نجيب - المرحلة الأولى



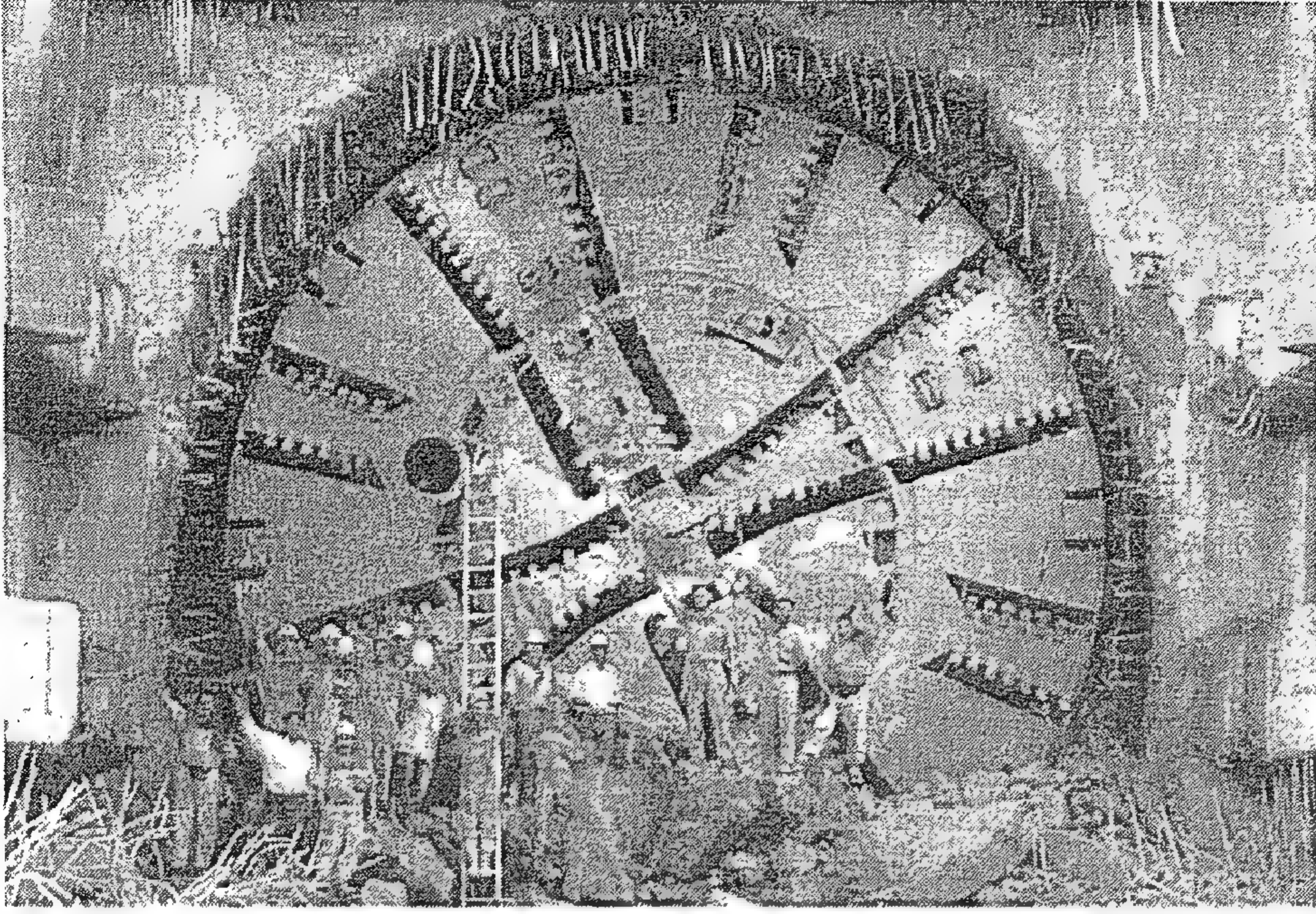
شكل (٤) النفق من الداخل - نلاحظ ماسورة الهواء أعلى النفق والمواسير الجانبية لضخ البنتونايت والماء والهواء وخروج ناتج الحفر



التفج بعد اكتمال السطرين - يرى مواسير الخدمات في جانب النفق وماسورة التهوية من أعلى



التفج أثناء العمل - لاحظ ماسورة التهوية في قمة النفق وخطوط السكك الحديدية ومواسير الخدمة



Break-out at Mohamed Naguib station.

شكل (٥) دخول الحفارة الي محطة محمد نجيب - المرحلة الأولى . تكسير وأزالة حائط المحطة أثناء دخول الحفارة

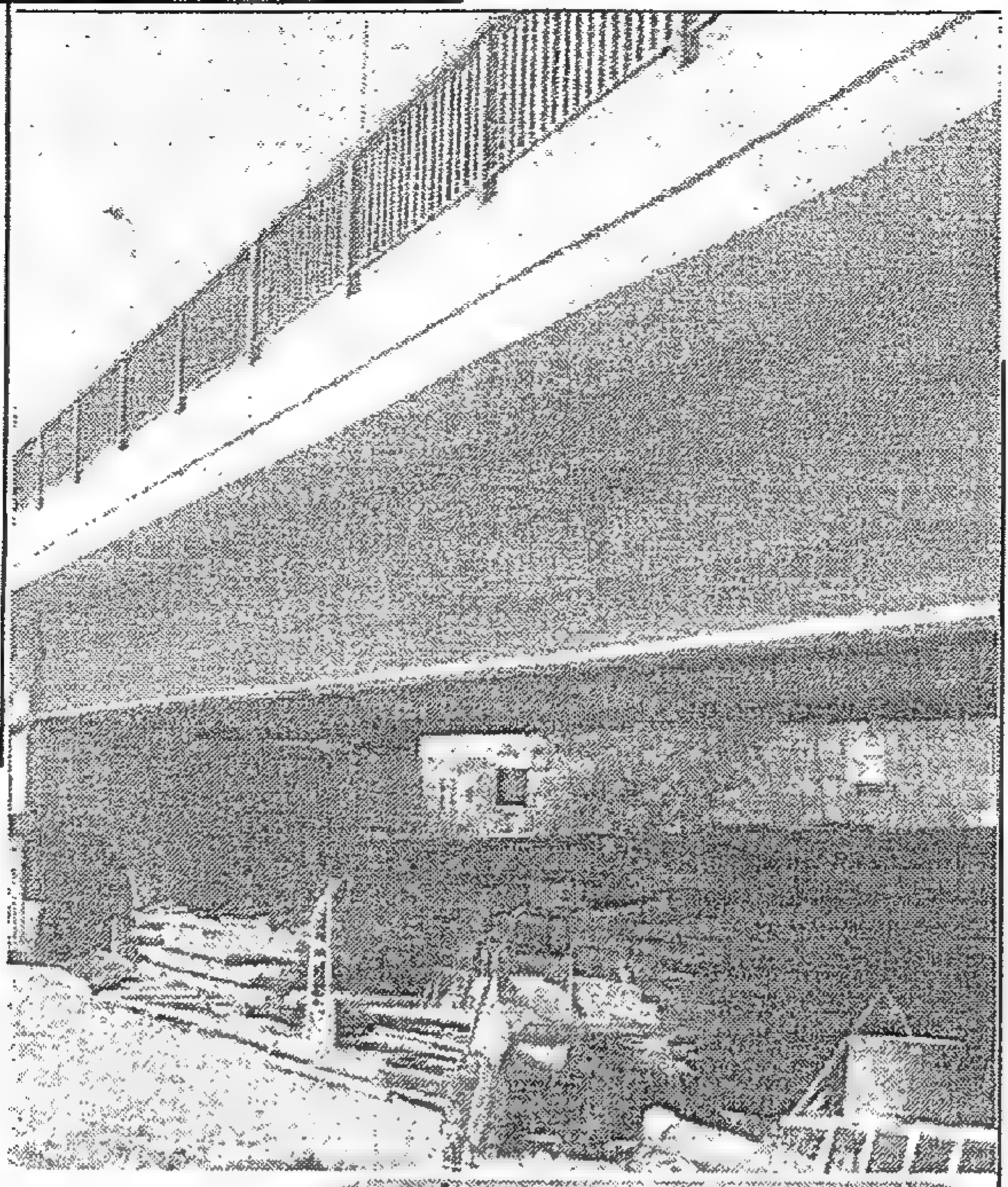
المراجع

- الكود المصري لميكانيكا التربة (تصميم وتنفيذ الأساسات) الجزء الرابع.
- الكود البريطاني للأساسات B.S 8004 .
- الكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة.
- المواصفات الفنية للمشروع.
- الرسومات التنفيذية المعتمدة من استشاري المشروع.
- خطة توكيد وضبط الجودة المشروع.
- مواصفات معهد البترول الأمريكي APL .
- المواصفات الأمريكية ASTM D – 1143 ASHTO Dec 94
- المهندس / أحمد محمود حسين مهندس بمشروع مترو أنفاق القاهرة - المرحلة الثالثة ٢٠٠٨ - ٢٠٠٩ .

3

الإنشاءات المتميزة

إنشاء الكباري



الباب السادس عشر

أعمال المساحة والتخطيط
للكباري قبل البدء في التنفيذ

أعمال المساحة والتخطيط للكباري قبل التنفيذ

- ١ - يتحدد مسار الكوبري بشكل مبدئي بواسطة مهندسو التصميم بشكل مبدئي .
هذا المسار يحقق كل الأهداف والشروط المطلوبة .
- ٢ - يتم عمل نقاط توافيرس علي طول مسار المشروع تكون من أشكال هندسية منتظمة (يفضل أشكال رباعية مرصودة القطرين - مثلثات) يتم تصحيح هذه الأشكال وحساب أحداثيات هذه النقاط سواء كانت مربوطة بأحداثيات الجمهورية أو كانت محلية (نقط خاصة بالمشروع فقط) . يتم عمل ميزانية دقيقة لكل نقاط التوافيرسات لحساب مناسبتها بالنسبة لمنسوب سطح البحر وذلك بعمل روبير عند بداية المشروع وروبير آخر عند نهاية المشروع لعمل ربط دقيق للمناسيب - شكل (١) .
- ٣ - يتم عمل رفع مساحي دقيق لمسار المشروع بالكامل بعرض المشروع بالإضافة الي مسافة إضافية كافية علي يمين ويسار المشروع تقدر بحوالي ٥٠ متر (إن أمكن) مبينا كل التفاصيل الموجودة بالطبيعة مثل خطوط التنظيم- البردورات - الأرصفة - بالوعات الصرف الصحي - أعمدة الأنارة - محابس المياه ٠٠٠ أي كل ما تشاهد العين بالنسبة الي نقاط التوافيرس السابق تثبيتها وحسابها . بذلك نكون قد أنتجنا خريطة كاملة لمسار المشروع بالعرض الكافي مع كافة التفاصيل وبطول يزيد عن مسار المشروع يوضح جميع مداخل ومخارج المنطقة المدية للمشروع .
- ٤ - تعمل قطاعات ميزانية علي مسار المشروع تترجم الي ميزانية شبكية يتم توقيعها علي الخريطة السابق عملها من قبل وبذلك نكون قد حصلنا علي لوحة دقيقة لمسار المشروع موضحا عليها (X,Y,Z) لجميع التفاصيل الموجودة في هذه الخريطة مع تزويدها بجدول يبين نقاط التوافيرس .
- ٥ - في حالة تنفيذ الكوبري علي موانع مائية (نهر أو ترعة) يتم عمل قطاعات ميزانية تبين المناسيب للقطاع المائي في المنطقة المراد إنشاء الكوبري فيها

ويمكن عملها بالطرق التقليدية أو بالطريقة الحديثة باستخدام جهاز
. Echo Sounder

٦ - ترسل هذه اللوحات الي المكتب الاستشاري بجانب جميع القطاعات الطولية
التي تمت علي مسار المشروع وموضحا أماكنها بكل دقة ، كما ترسل أيضا
القطاعات المائية (أذا كانت هناك عوائق مائية) وذلك لعمل التصميمات
اللازمة .

٧ - يتم عمل المسار النهائي لمسار الكوبري كما يتم عمل التخطيط لهذا المسار
في الطبيعة وتحديد أماكن المحاور بدقة تامة ، تدرس العناصر التالية :

- مدي توافق هذه المحاور مع الطبيعة .

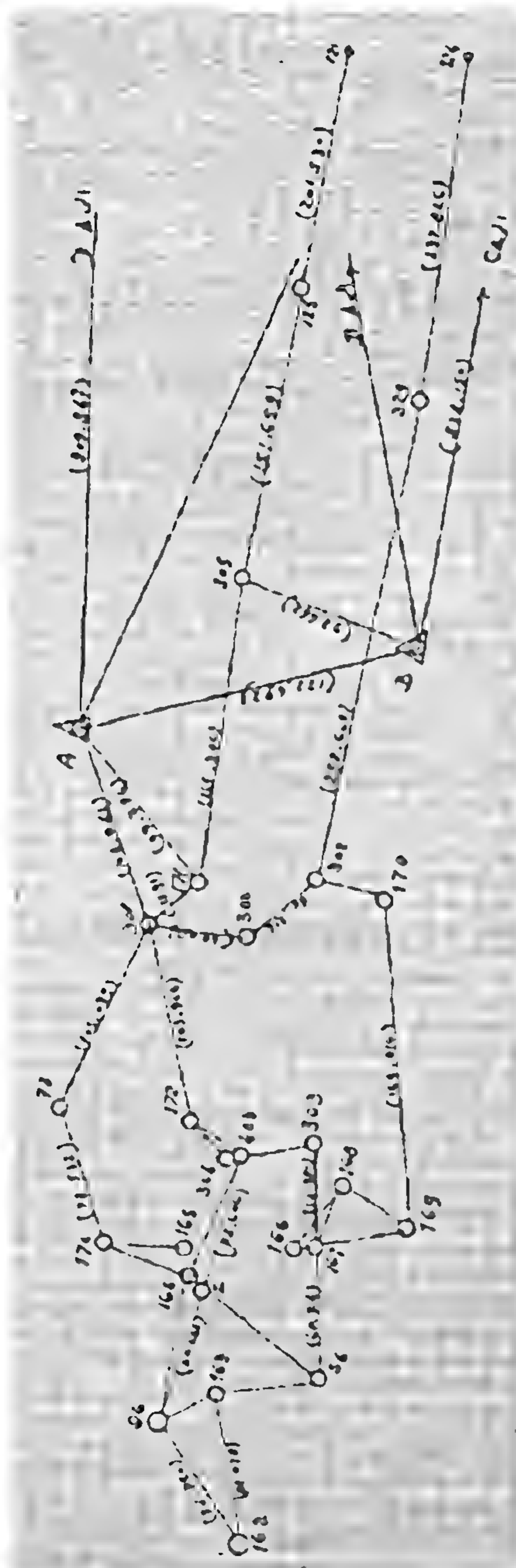
- عمل الجسات الاستكشافية ورفع جميع المرافق الموجودة في أماكن المحاور .
- تحديد أماكن الجسات العميقة لبيان نوع التربة في أماكن التأسيس .

الأعمال المساحية لأساسات الكباري :

أولا : الأساسات المنشأة علي الأرض :

الأساسات السطحية Shallow Foundations – Strip Footing :

- ١ - يتم تحديد المحور المطلوب تخطيطه أولا ثم محاور قواعد الأساسات .
- ٢ - يحدد أبعاد الحفر حسب التصميم ويوقع علي الأرض بالأضافة الي أخذ
منسوب الأرض الطبيعية قبل البدء في الحفر .
- ٣ - نتابع أعمال الحفر حتي الوصول الي منسوب التأسيس وتراجع أبعاد الحفر
حتي يمكننا البدء في الخطوة التالية .



Point	x	y	z
A	2502.264	7017.780	Δ
B	2383.125	7143.903	Δ
56	2225.870	6799.017	21.228
163	2269.330	6766.103	21.21
162	2215.658	6705.335	20.883
96	2283.104	6737.587	21.36
165	2321.607	6820.971	22.02
164	2311.372	6809.969	21.915
166	2273.636	6848.739	21.732
167	2265.136	6854.912	22.078
168	2267.733	6888.761	21.85
169	2228.770	6886.874	21.901
170	2326.817	7024.537	21.075
171	2409.978	6985.454	21.295
172	2349.834	6877.150	21.540
173	2411.036	6848.629	21.322
176	2356.243	6801.344	21.740
303	2292.472	6900.071	21.885
403	2321.171	6875.249	21.585
304	2326.940	6869.127	21.597
300	2374.966	6971.05	21.157
301	2420.643	6953.253	21.042
302	2359.869	7014.11	21.151
305	2474.180	7111.11	20.862
125	2527.206	7241.22	19.514
121	2599.583	7457.111	17.903
124	2544.413	7469.208	20.701
329	2447.429	7251.951	21.107
330	2301.820	6905.204	21.604

شكل (١) صورة من الترافرس المأخوذ لأحد الكباري بجمهورية مصر

٤ - قد يستلزم الأمر تغير طبقة الأرض الضعيفة بتربة أحلال ، تنفذ تربة الأحلال مع مراجعة مناسيبها ودمكها حسب التصميمات .

- ٥ - تصب طبقة الخرسانة العادية حسب المناسيب والأبعاد داخل الحفر .
- ٦ - نخطط للخرسانة المسلحة للقاعدة الخرسانية علي المحاور بكل دقة - يرص حديد التسليح حسب أصول الصناعة والتصميمات . يوضع أشارات حديد التسليح للعمود الخرساني علي المحاور بكل دقة مع التثبيت الحيد لحين صب الخرسانة المسلحة .
- ٧ - تصب الخرسانة المسلحة طبقا لأصول الصناعة وطبقا لتصميم الخلطة المناسبة ونجري عمليات التشطيب اللازم ثم المعالجة المتوالية للخرسانة لمدة ١٤ يوم مستمر .
- ٨ - في حالة وجود مياه جوفية ، تؤخذ الاحتياطات لسحبها بطريقة آمنة .
الأساسات العميقة :
- تخطط مكان الدعامة (الكاب) ومحاور الأعمدة - يتم تحديد أماكن الخوازيق تبعا .
أولا : في حالة الخوازيق المنفذة بالحفر الدوار Board Piles :
- ١ - يتم وضع ماكينة الخوازيق فوق محور الخازوق تماما .
- ٢ - ضرورة مراجعة ماسورة الخازوق Casing والتأكد من وجوده علي المحاور
- ٣ - يتم مراجعة الحفر وطبقات التربة ومطابقتها للجسات الأخوذة وأهاء الحفر عند المنسوب التصميمي بالضبط .
- ٤ - يصنع قفص حديد التسليح ومراجعة مادة البنتونايت Bentonite وتدفعها بالحفر ثم أنزال قفص التسليح .
- ٥ - يتم الصب حسب أصول الصناعة وحتى لا يحدث انفصال في خرسانة الخازوق .

ثانيا : حالة التنفيذ بخوازيق الدق Driven Piles :

- ١ - يتم تحديد أماكن خوازيق القاعدة بالكامل وبدقة . نضع الزومبة الحديدية للخازوق علي عمق ٢٠ سم من منسوب سطح الأرض .

٢ - توضع الماكينة ومواسير الصب فوق الزومبة تماما ويستمر الدق علي الماسورة حتي نصل الي العمق التصميمي للخازوق وذلك لقياس مناعة التربة للخازوق .

٣ - يتم تنزيل قفص حديد التسليح ثم الصب .

٤ - يتم خلع مواسير الصب بعد نهو الصب .

ثالثا : خوازيق سابقة الصب Pre cast Piles :

١ - تعمل شدة خشبية قوية ويحدد أماكن كل خازوق ويحاط بالأخشاب بحيث يكون للخازوق ٣ حطات في الشدة الخشبية .

٢ - ننزل الخازوق في مكانة بالشدة بواسطة الرافع والتي تحقق رأسيته تماما .

٣ - يبدأ الدق بشواكيش الهزاز ثم الشواكيش الديزل حتي درجة أمتناع التربة والوصول الي طبقة التأسيس التصميمية .

الأساسات داخل القطاع المائي (القيسونات Caissons)

القيسون عبارة عن منشأ خرساني (متوازي مستطيلات تقريبا) ترتكز عليه بغلة الكوبري ويكون بأبعاد كافية لتحمل الأحمال الكبيرة الواقعة عليه ونقلها الي منسوب التأسيس أسفل قاع النهر . في عملية الضبط النهائي للقيسون داخل المجري المائي والمذكورة في باب أساسات الكباري ، يكون ذلك بالوقوف علي الشاطيء وعلي محور الكوبري بجهاز دستومات . يكون خط النظر للجهاز المذكور مع منتصف علبة القيسون في البحر (المحور) ، فإذا ما كانت بعيدة عن محور الكوبري ، تصدر إشارة من الراصد علي الشاطيء بضرورة تحريك القيسون في الاتجاه الصحيح بواسطة اللنشات حتي تنطبق نقطة المنتصف مع المحور .

وهناك ضبط آخر وهو المسافة بين دعائم الكوبري التي يحددها بدقة جهاز الدستومات السابق ذكره علي الشاطيء حيث تحدد المسافة علي الفور مع التصحيح اللازم لها بمنتهي الدقة ، ويجب أن تكون مطابقة للمسافة التصميمية علي

الرسومات. إذا لم تتوافق هذه المسافة مع المسافة التصميمية ، يطلب الراصد بأشارة منه أن يبتعد القيسون أو يقترب (حسب الحالة) بواسطة اللنشات حتي يحقق البعد المطلوب .

بعد الضبط النهائي يتم الصب مباشرة داخل القيسون حتي يتقل وزنه ويرسو علي القاع ويثبت .

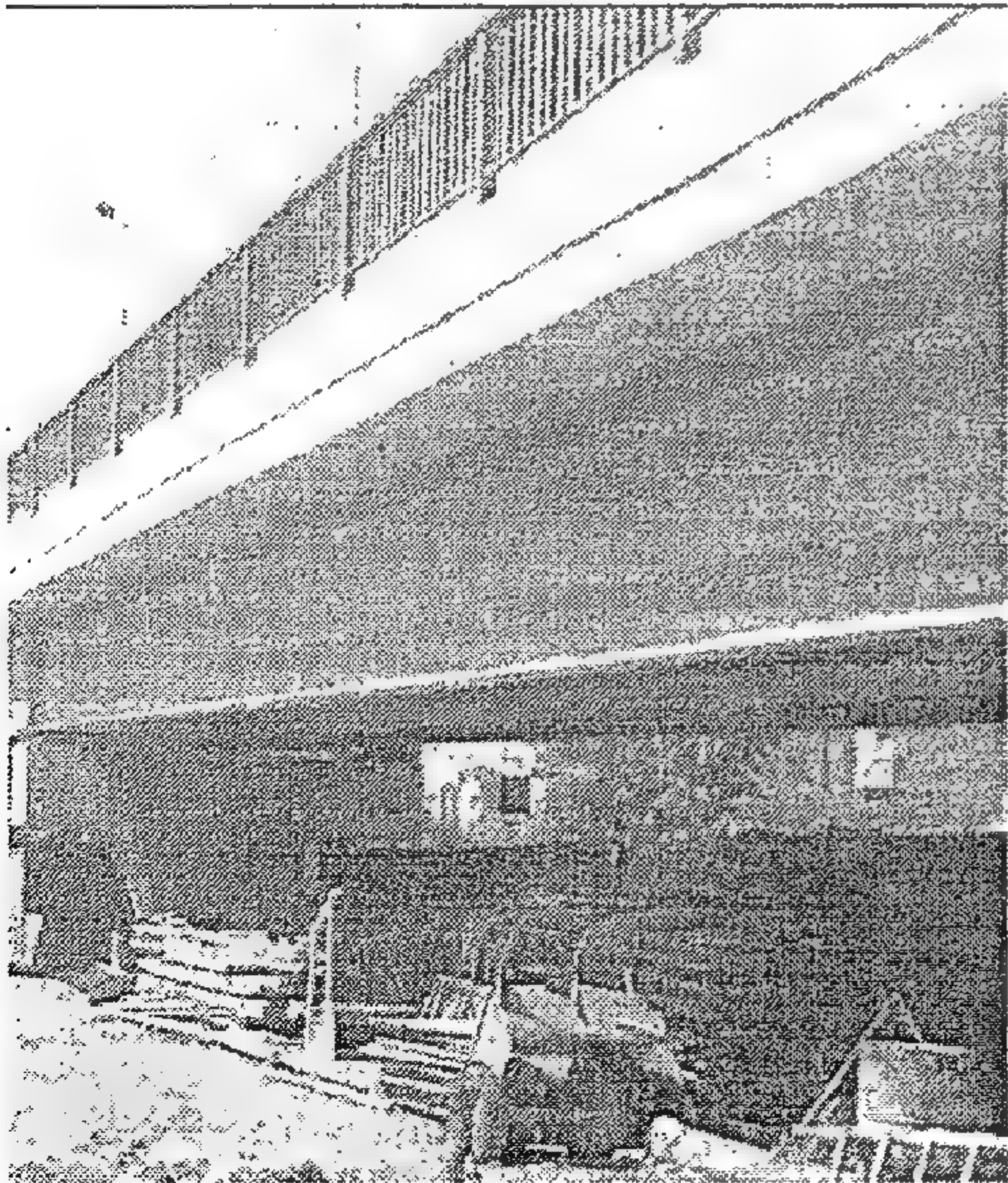
ملاحظة :

لا يمكن ضبط القيسون بشكل نهائي علي المحور التصميمي وإنما تكون هناك أختلافا = بضع سنتيمترات خارج المحور . يتم الضبط النهائي أثناء تغويص القيسون حيث يرصد باستمرار محور القيسون أثناء التغويص الانحراف الحادث عن المحاور ونقوم بتصحيحه أولا بأول أثناء عملية الحفر بالتغويص .

المراجع

١ - شركة المقاولون العرب .

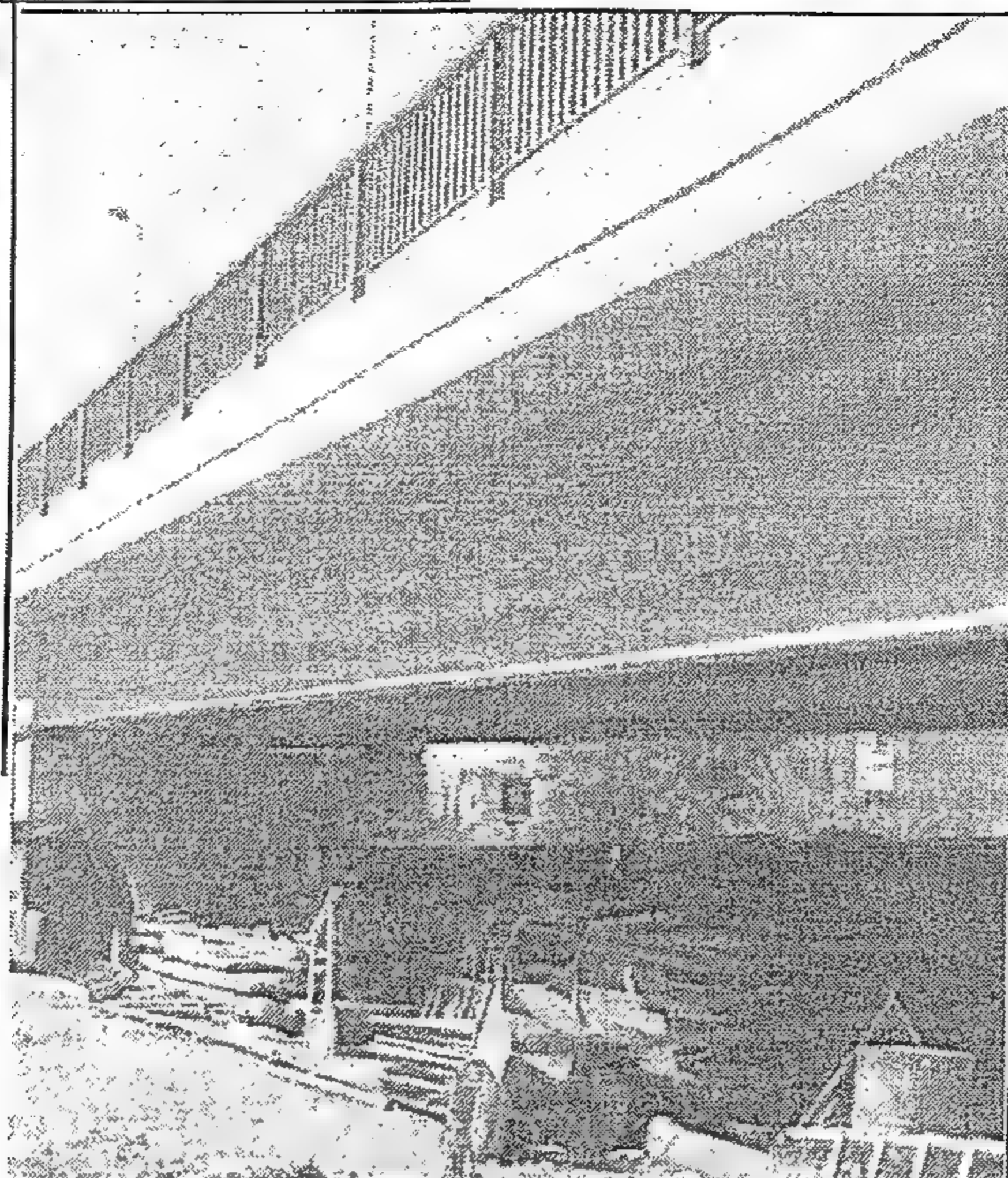
الباب السادس عشر : أعمال المساحة و التخطيط للكباري قبل البدء في التنفيذ



3

الإنشاءات المتميزة

ديانكا هاشم



الباب السابع عشر

أساسات الكباري

أنشاء أساسات الكباري

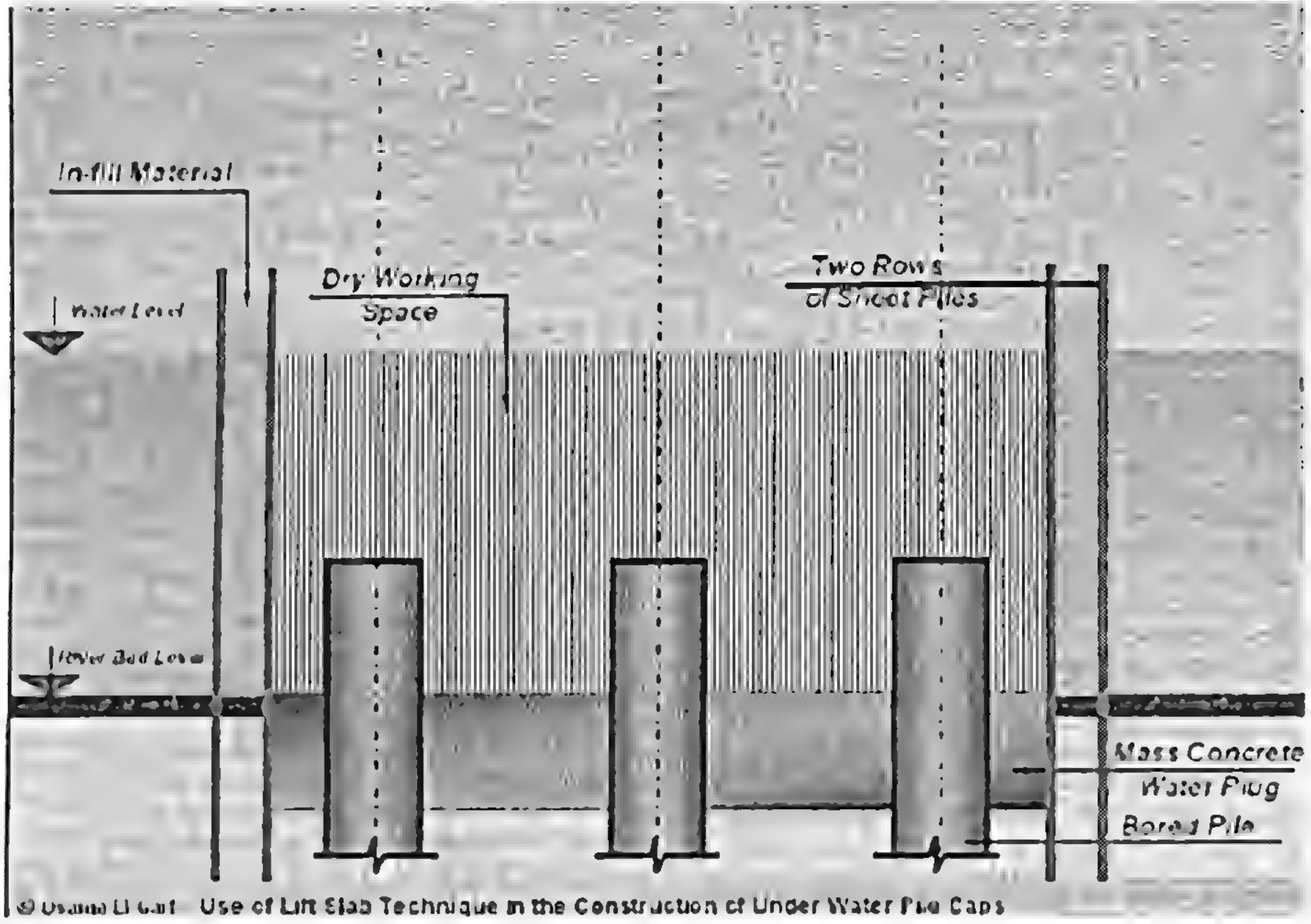
تنفذ أرتكازات الكباري داخل المجري المائي بالطرق التالية :

١ - التنفيذ باستخدام الستائر المعدنية :

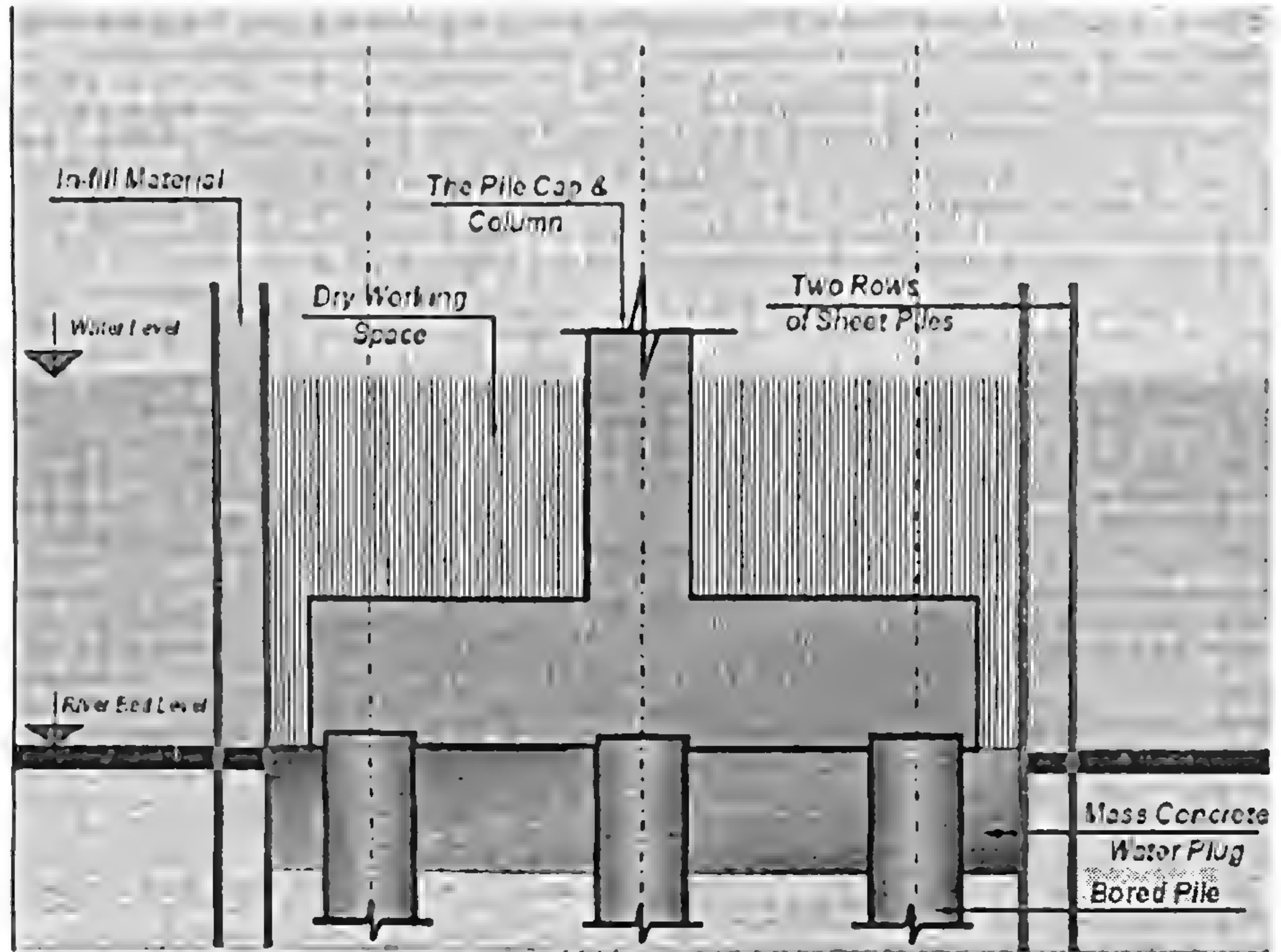
يتم ذلك بدق ستائر معدنية حول القاعدة وبالعمق المناسب (حسب التصميم) ، تكون الستائر غالبا من صفين متوازيين و متباعدين عدة أمتار من الستائر لعمل سد ترابي Coffor Dam داخلها وذلك بالردم بتربة منتقاة والدمك جيدا بين صفي الستائر للتقليل من نفاذية المياه . كما تصب طبقة سميكة من الخرسانة العادية في القاع حول الخوازيق لعدم فوران التربة بالأضافة الي مقاومة الرشح .
ينفذ نظام لنزح المياه الجوفية باستخدام الطلمبات العميقة للحصول علي أرضية جافة لبدأ التنفيذ - شكل (١) .

How it is done traditionally ?

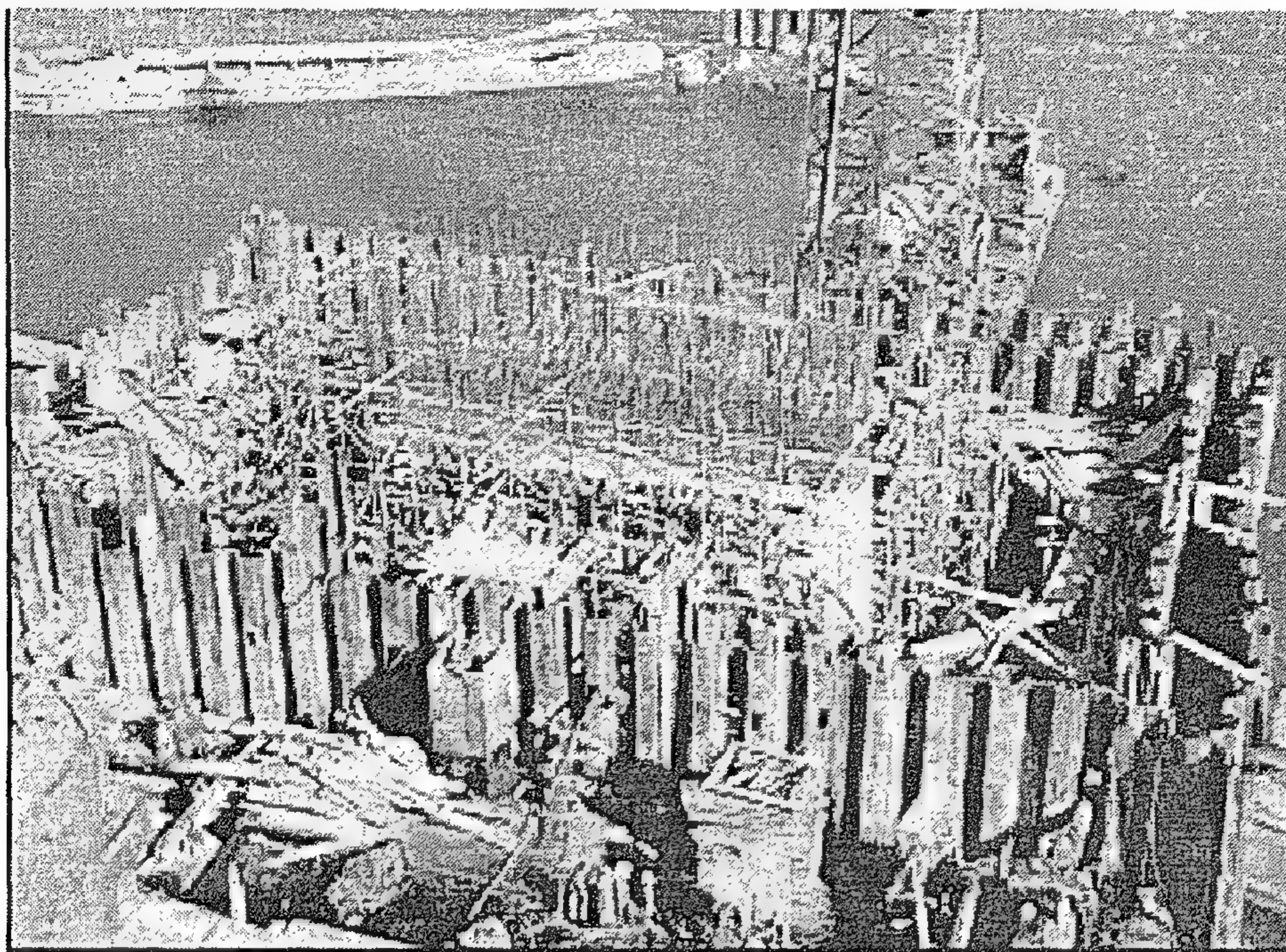
- Coffor dam of two rows of sheet piles to provide the working space
- In fill material between the two rows of the sheet piles
 - designed to withstand the hydrostatic pressure
 - to limit the water seepage from the dam's wall
- A thick mass concrete water plug
 - to contain the river bed during the de-watering operation
 - to limit the water seepage from the bottom of the working space
- A continuous de-watering system to keep the working space dry during construction



- ١- عمل الخوازيق
- ٢- عمل السد الترابي مع اندمك الجيد للتربة
- ٣- تجفيف موقع العمل
- ٤- صب خرسانة عادية كتلية أسفل الكاب.



- ١- صب هامة الخوازيق من الخرسانة المسلحة
- ٢- صب أرتكاز الكوبري فوق هامة الخوازيق



شكل (١) منظر يوضح طريقة العمل باستخدام السدود الترابية - من الواقع

ملاحظة :

تم تنفيذ عمل مشابه هو (أنقاذ معابد فيلة في أسوان) بنفس طريقة السد الترابي .

٢ - إنشاء قواعد دعائم الكباري

Construction of Under Water Pile Cap Using Sinking Technique and Lift Slab System

وقد تم استحداث نظام جديد للتنفيذ باستخدام تقنية الرفع الثقيل ، هذه التقنية تم اختراعها بواسطة مهندسين مصريين . تقوم هذه الفكرة علي تنفيذ ٧٥ % من القاعدة Cap فوق سطح الماء بحوالي ١ متر ، ثم يتم تغويص القاعدة إلى منسوبها النهائي ثم استكمال صب النسبة المتبقية ٢٥ % في ظروف جافة تماما وتحت الضغط الجوي العادي . يستخدم الجزء المصبوب تحت الماء - السابق ذكره - في ربط جسم القاعدة بالخوازيق . هذه الطريقة شائعة وسهلة واقتصادية وقد نفذت في كباري بالقاهرة .

خطوات التنفيذ :

١ - الجزء أعلي سطح المياه :

١ - تنفذ الخوازيق داخل المجري المائي وعلي المحاور التصميمية مع مراعاة ترك ٥٠ سم من الغلاف المعدني للخوازيق خارج سطح الماء .

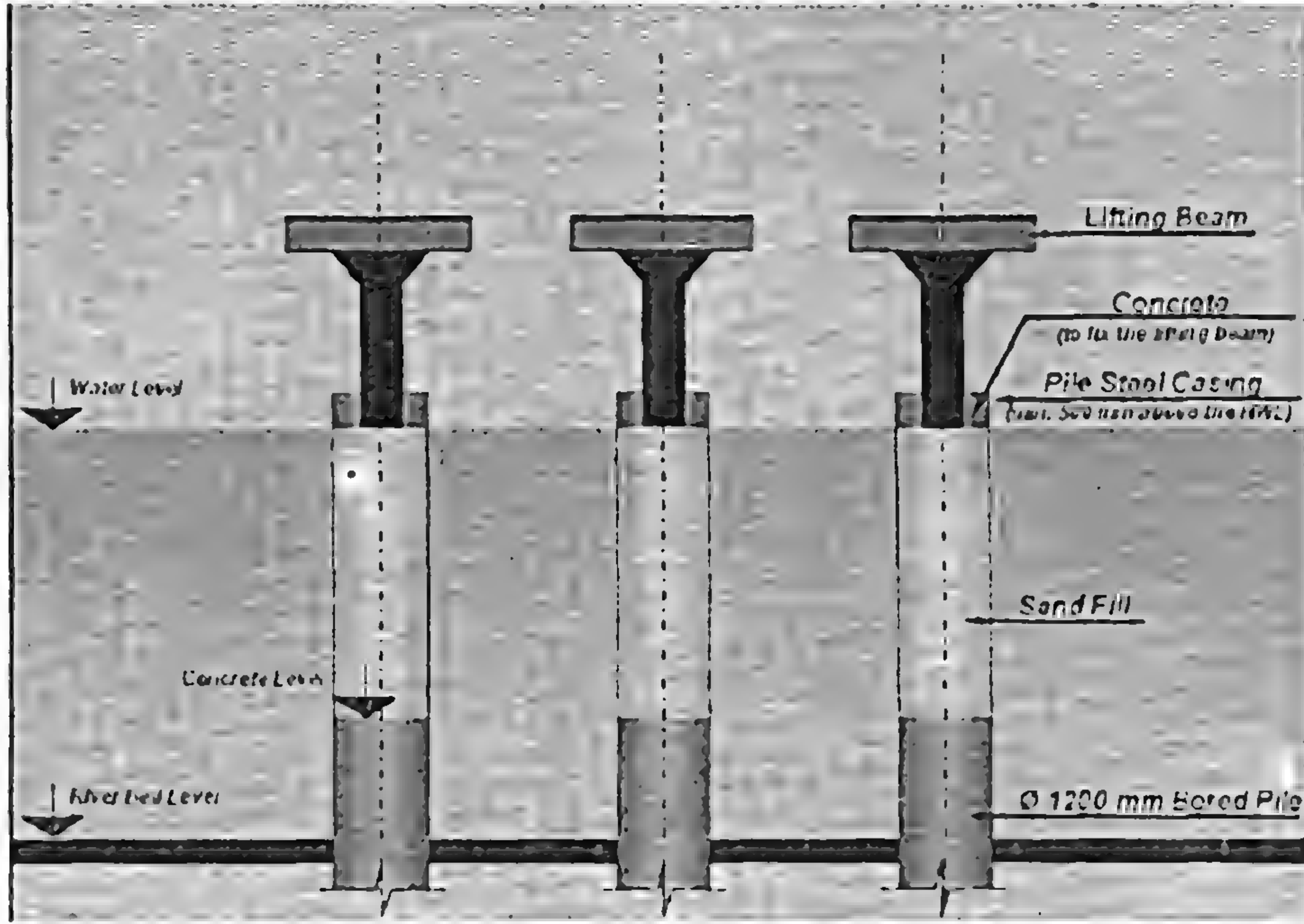
٢ - تركيب كمره معدنية علي شكل حرف T علي المحور الرأسي لكل خازوق ثم يتم صب خرسانة عادية بارتفاع ٥٠ سم حول قائم الكمره المعدنية السابقة لتثبيتها داخل الفراغ العلوي للخازوق . هذه الكمره سيتم تعليق وتثبيت الروافع عليها .

٣ - يتم رص كمرات معدنية فوق رؤوس الخوازيق وعمل الشدة اللازمة لصب القاعدة بالأبعاد التصميمية مع ترك فتحات للخوازيق .

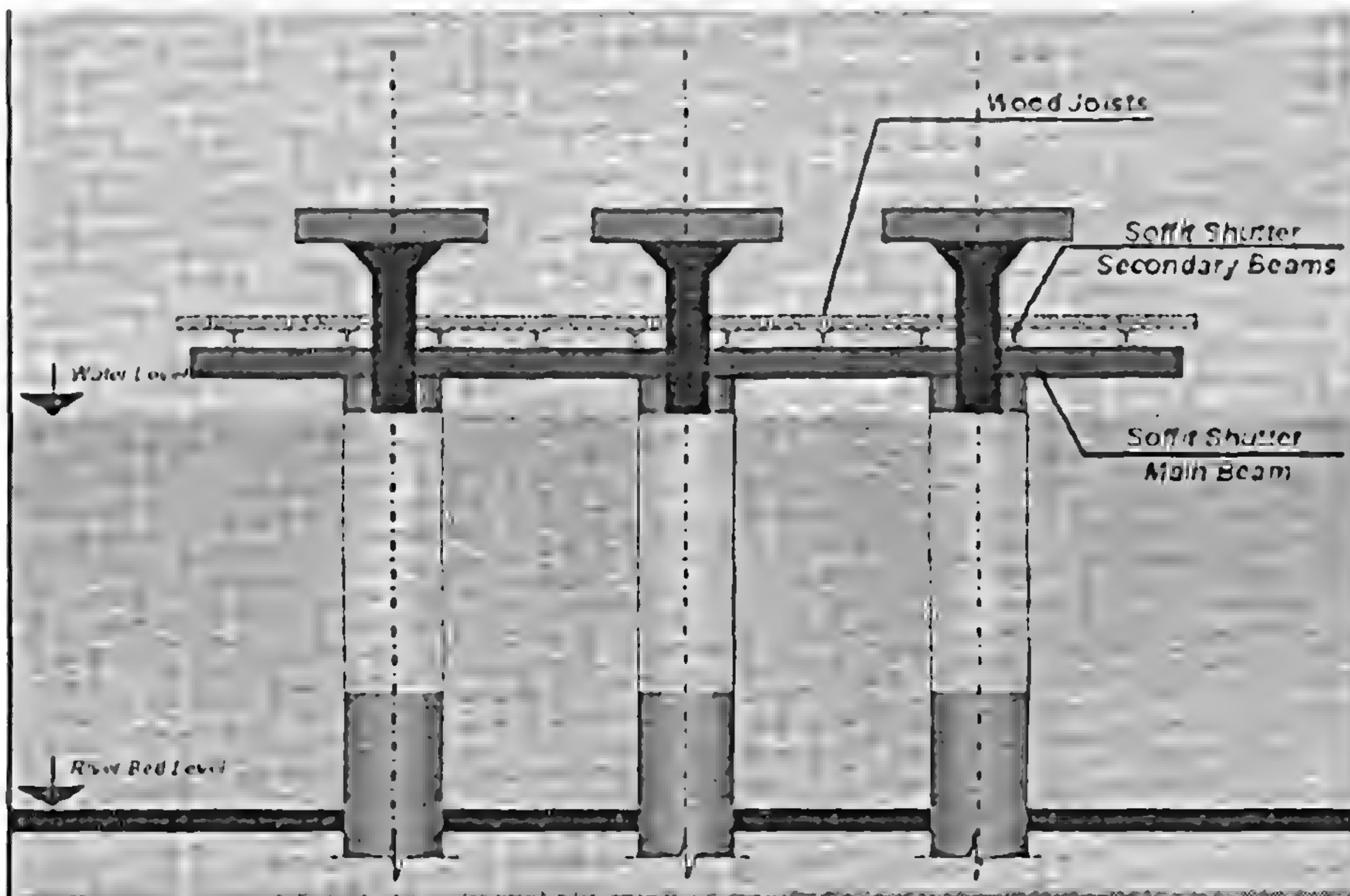
٤ - نبدأ في صب القاعدة وجزء من الأعمدة الحاملة للكوبري بحيث يكون نهاية هذا الجزء من الأعمدة أعلي من سطح المياه بعد تغويص القاعدة ثم تحقن مواد عازلة بين جسم الخازوق والقاعدة .

٥ - بعد تثبيت مهمات الرفع ، تبدأ الروافع في رفع القاعدة ويتم إزالة الشدة .

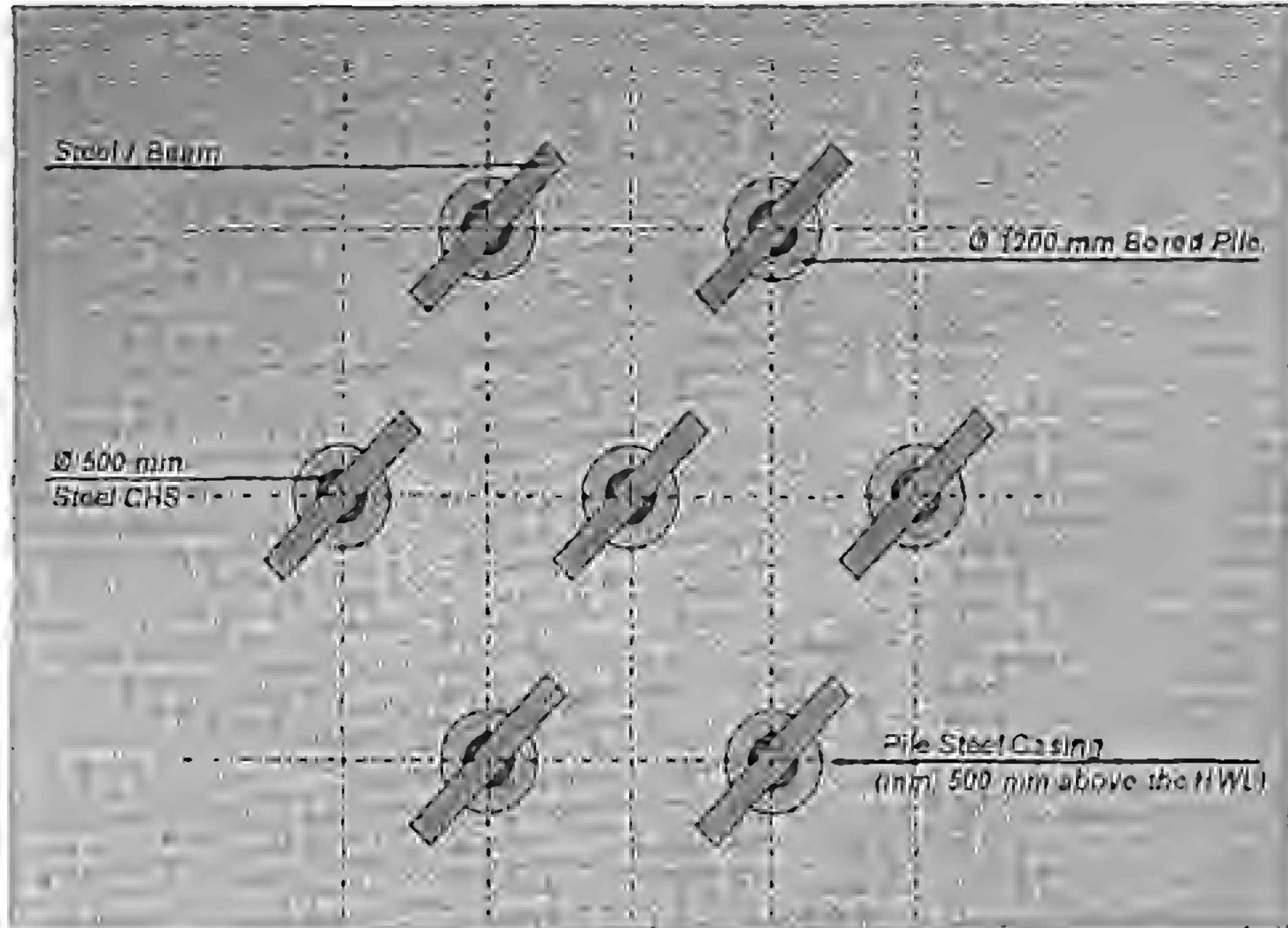
٦ - تبدأ الروافع في إنزال القاعدة حتى منسوب سطح الماء . يتم تثبيت ماسورة معدنية فوق كل خازوق بقطر أكبر من قطر الخازوق لخلق فراغ للتشغيل حول رأس كل خازوق - تتابع أعمال التنفيذ - شكل (٢) .



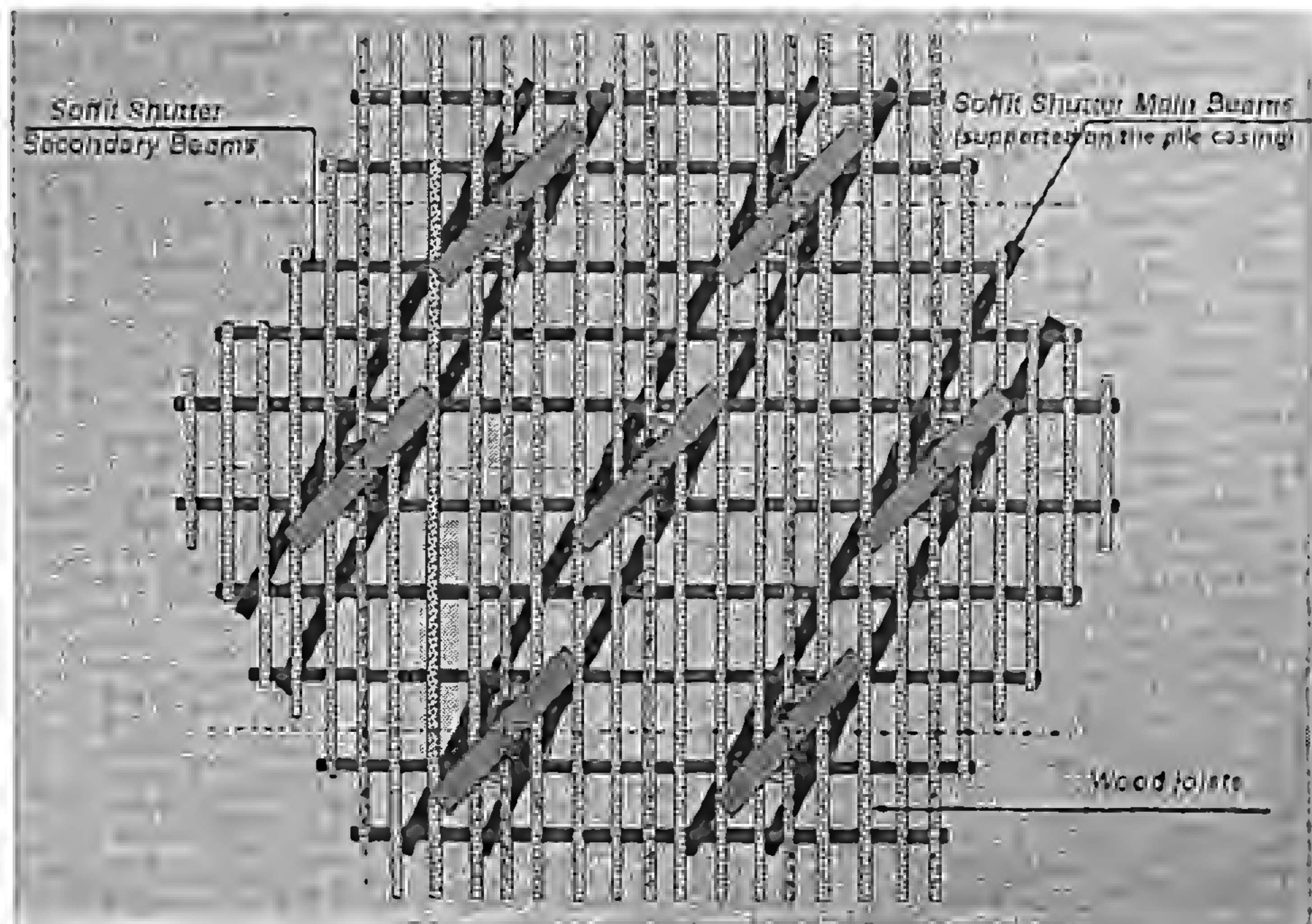
- ١ - صب الخوازيق مع ترك
- ٢ - مد الماسورة لأعلى ٥٠
- ٣ - ملء رمال فوق خرسانة
- ٤ - وضع ماسورة رأسية قطر ٥٠
- ٥ - صب خرسانة عادية فوق
- ٦ - وضع كمرات أفقية فوق
- الغلاف الخارجي المعدني
- الرمال وحول الماسورة
- سم فوق سطح المياه .
- سم فوق منتصف كل خازوق .
- الماسورة لتثبيت الروافع



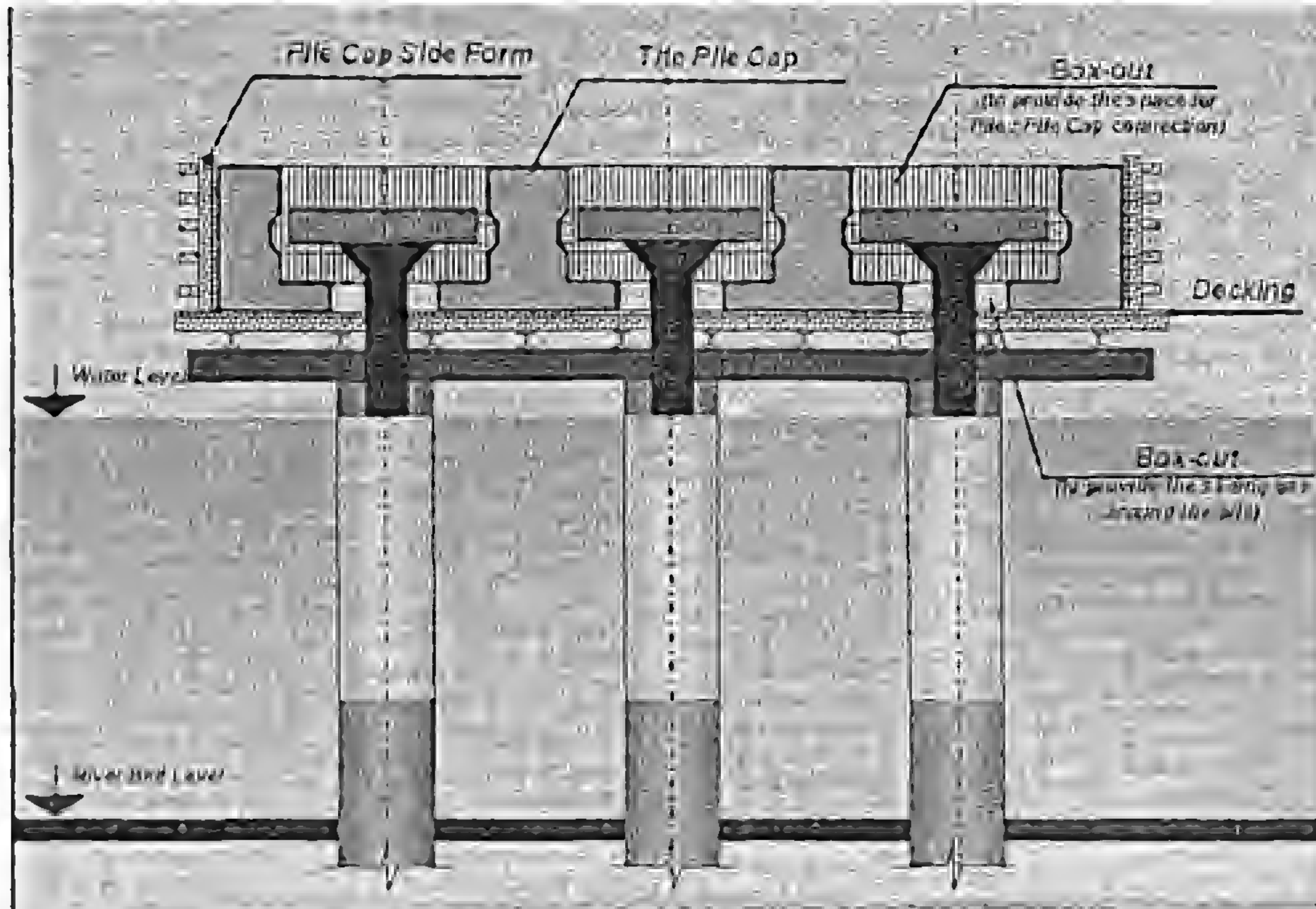
عمل شدة تطريح من كمرات حديد وخشب فوق الخرسانة العادية لعمل الهامة



شكل الكمرات الحديد مع المواسير

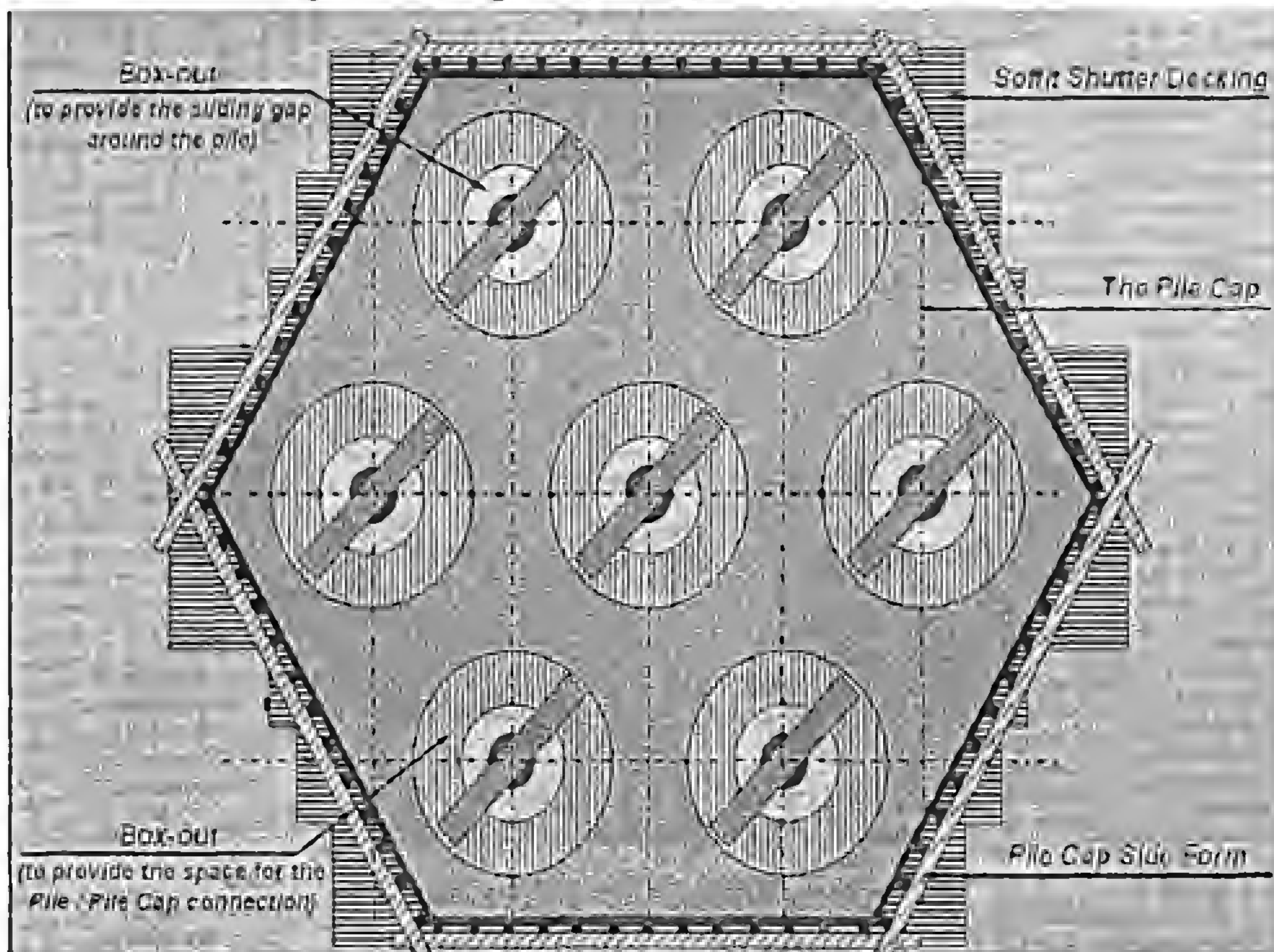


توزيعات الشدة الخشبية مع الكمرات المعدنية الحاملة

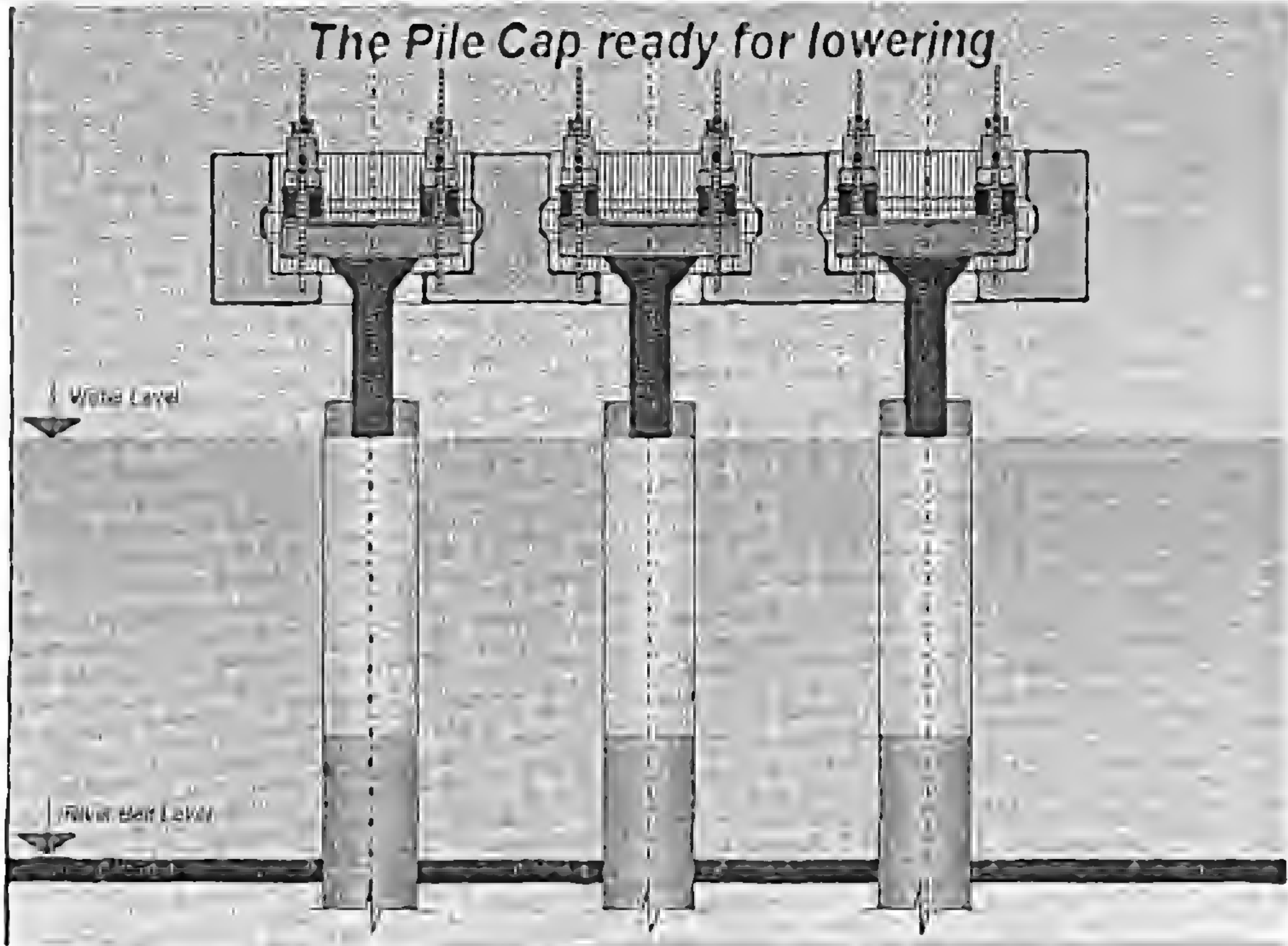


١ - عمل الشدات الجانبية الخارجية لهامة الخوازيق

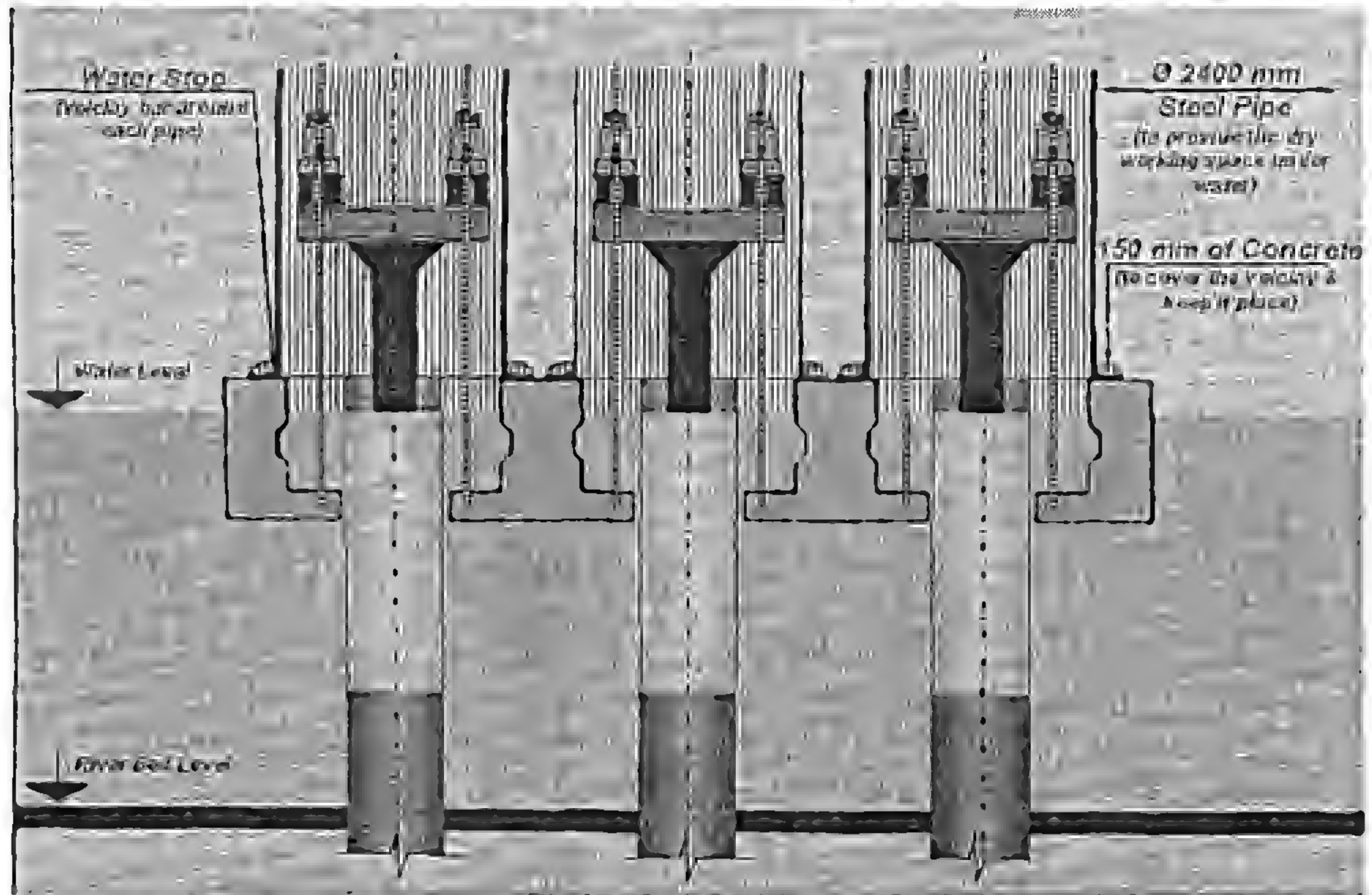
٢ - عمل صندوق عازل حول كل خازوق لخلق فراغ حول الروافع



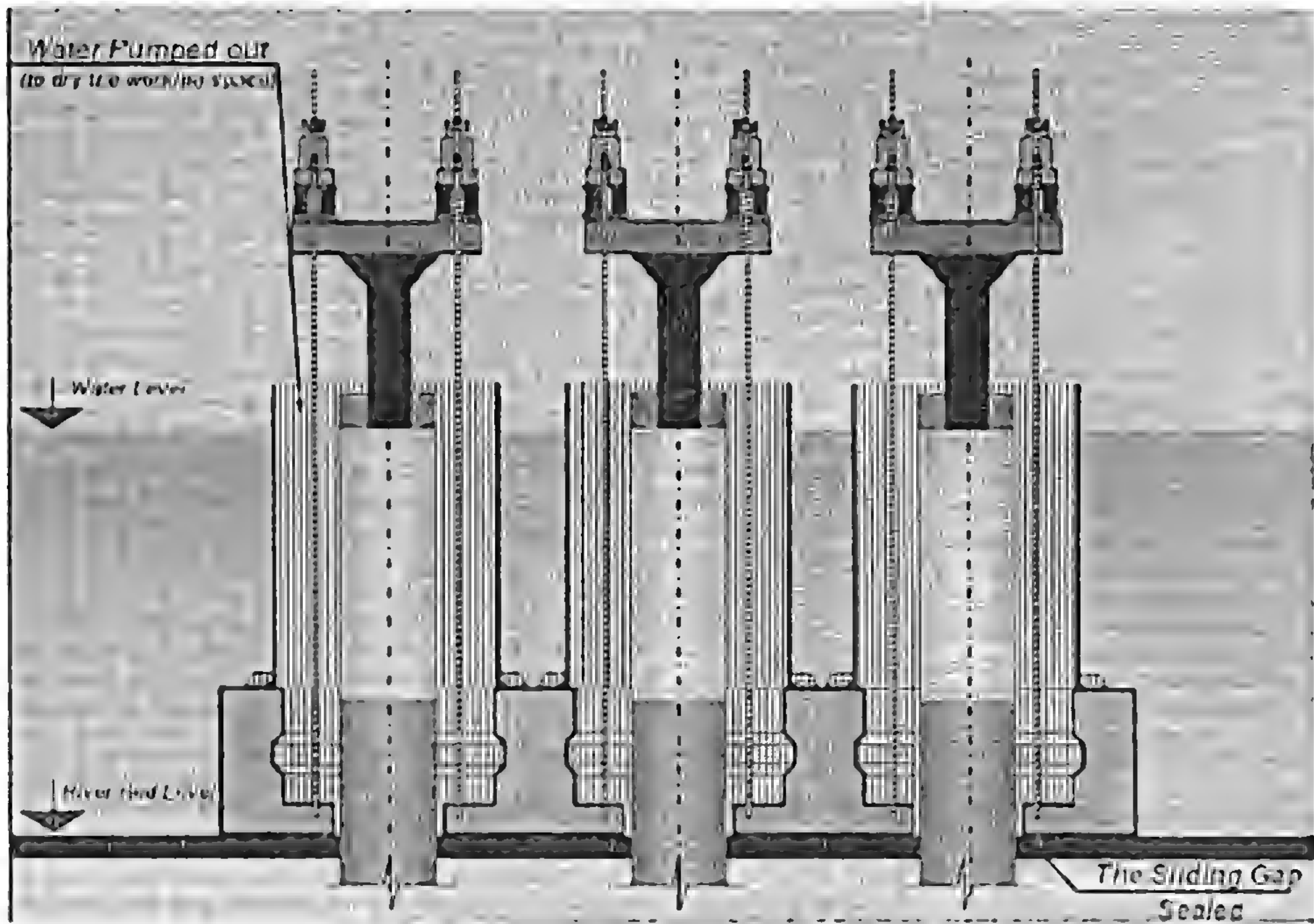
مسقط أفقي لهامة الخوازيق



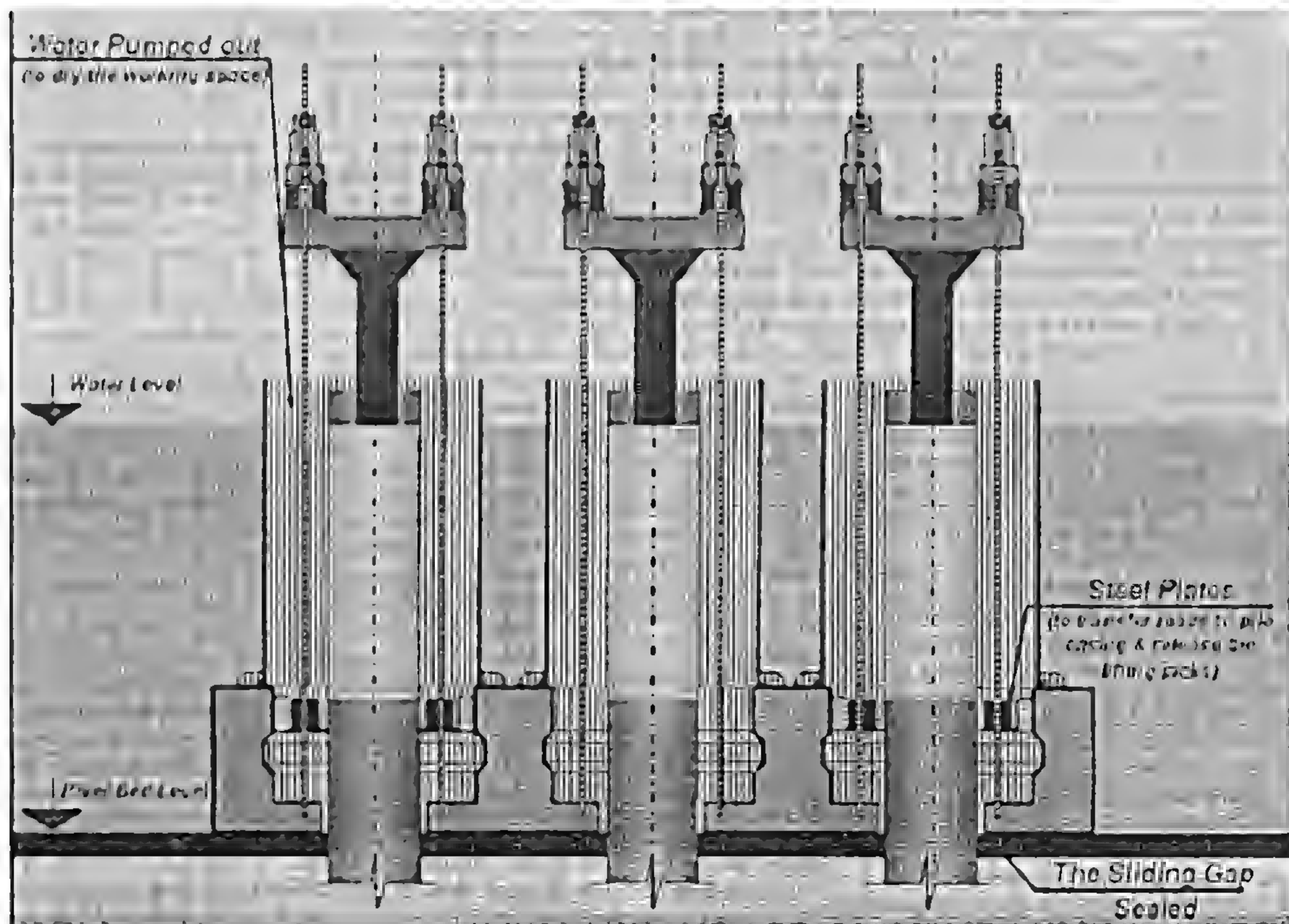
١ - تسنح وصب هامة الخوازيق ثم رفعها بالروافع ٢ - نزع وأزالة الشدة أسفل الهامة



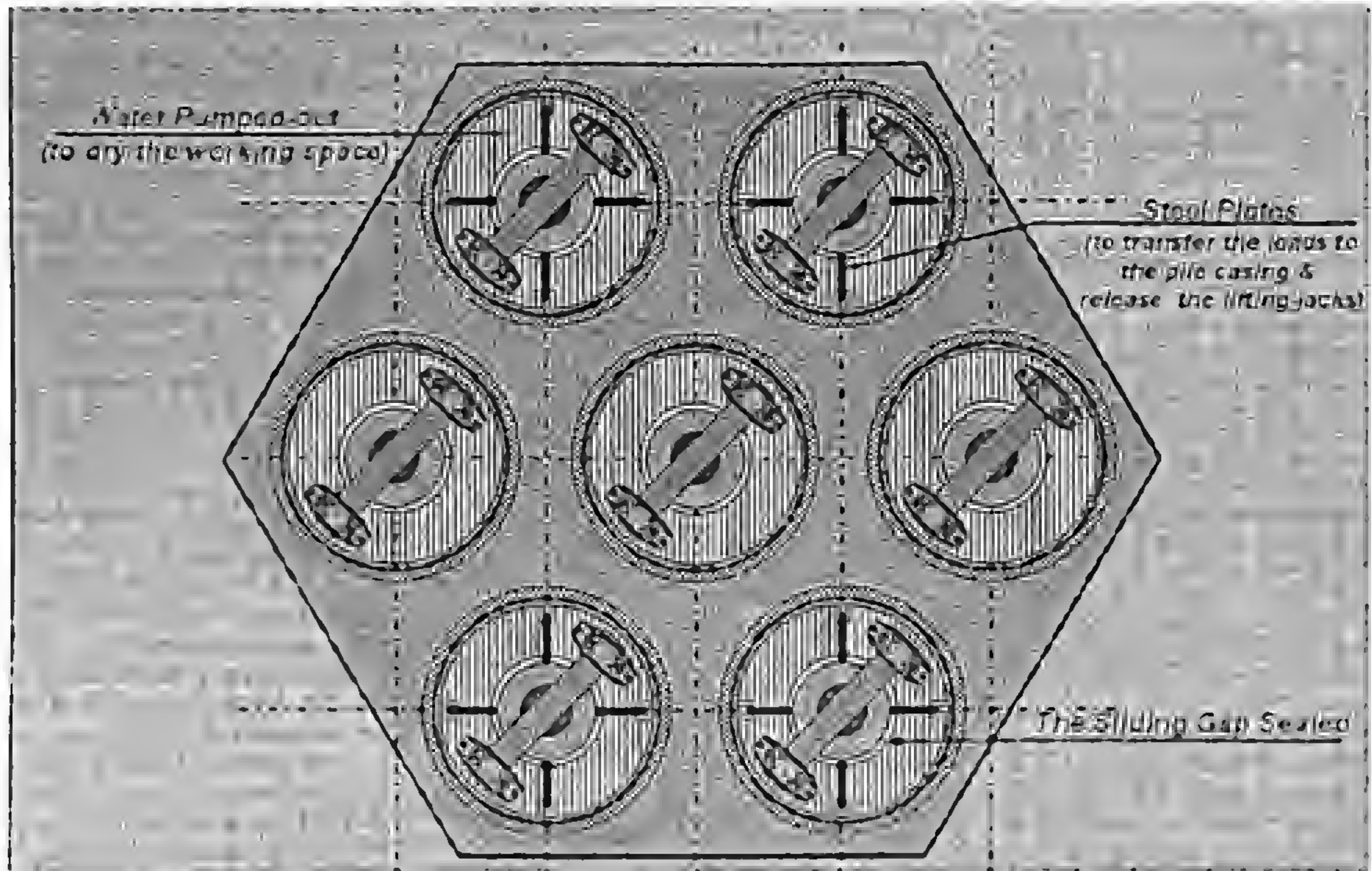
١ - تثبيت وعمل ماسورة قطر ٢.٤ م حول كل خازوق مع عزلها تماما من الخارج قبل النزول تحت سطح المياه لحماية الروافع



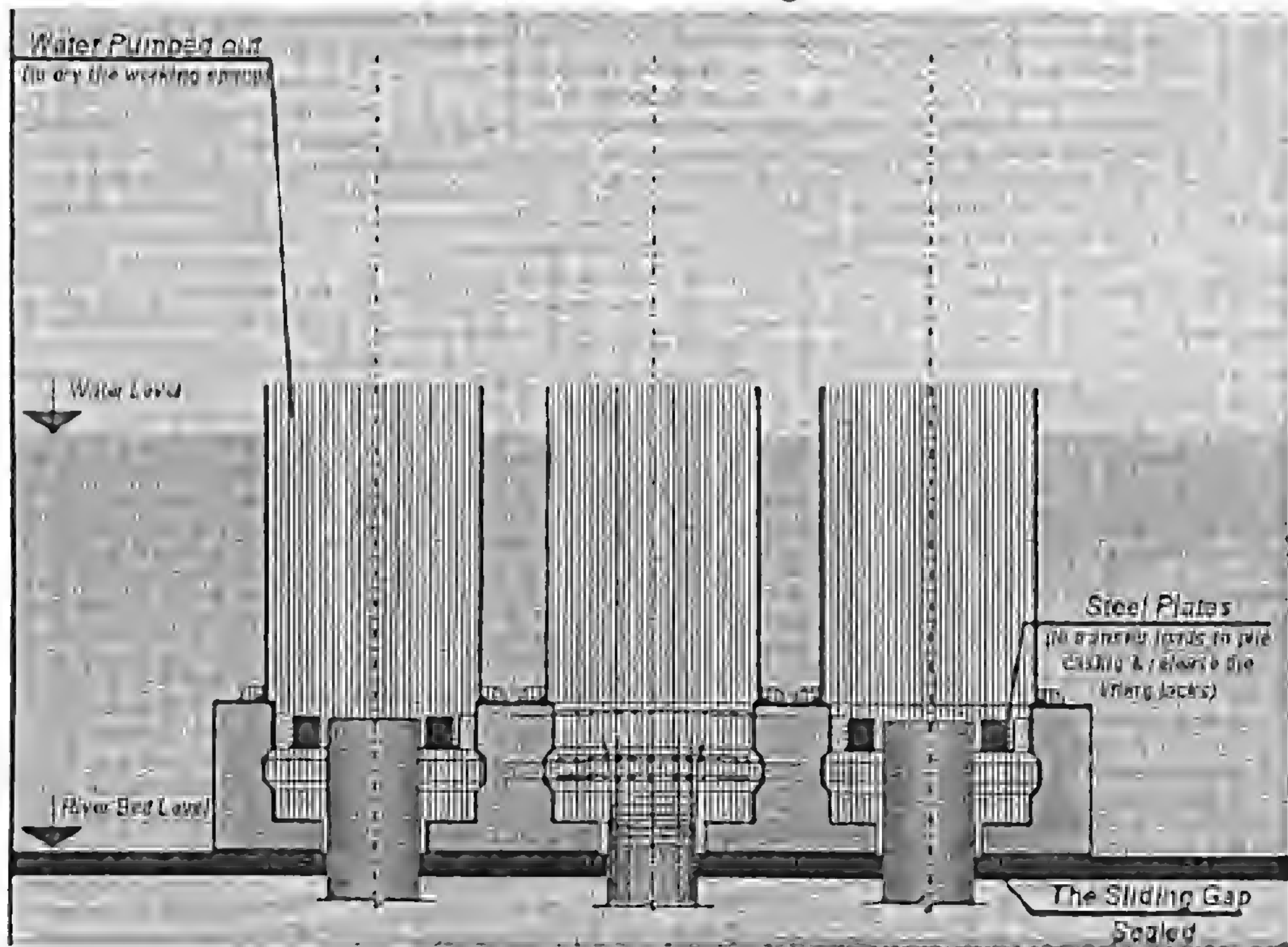
١ - تنزيل هامة الخوازيق الي منسوبها النهائي ٢ - عزل الفراغ الموجود بين الخازوق والهامة



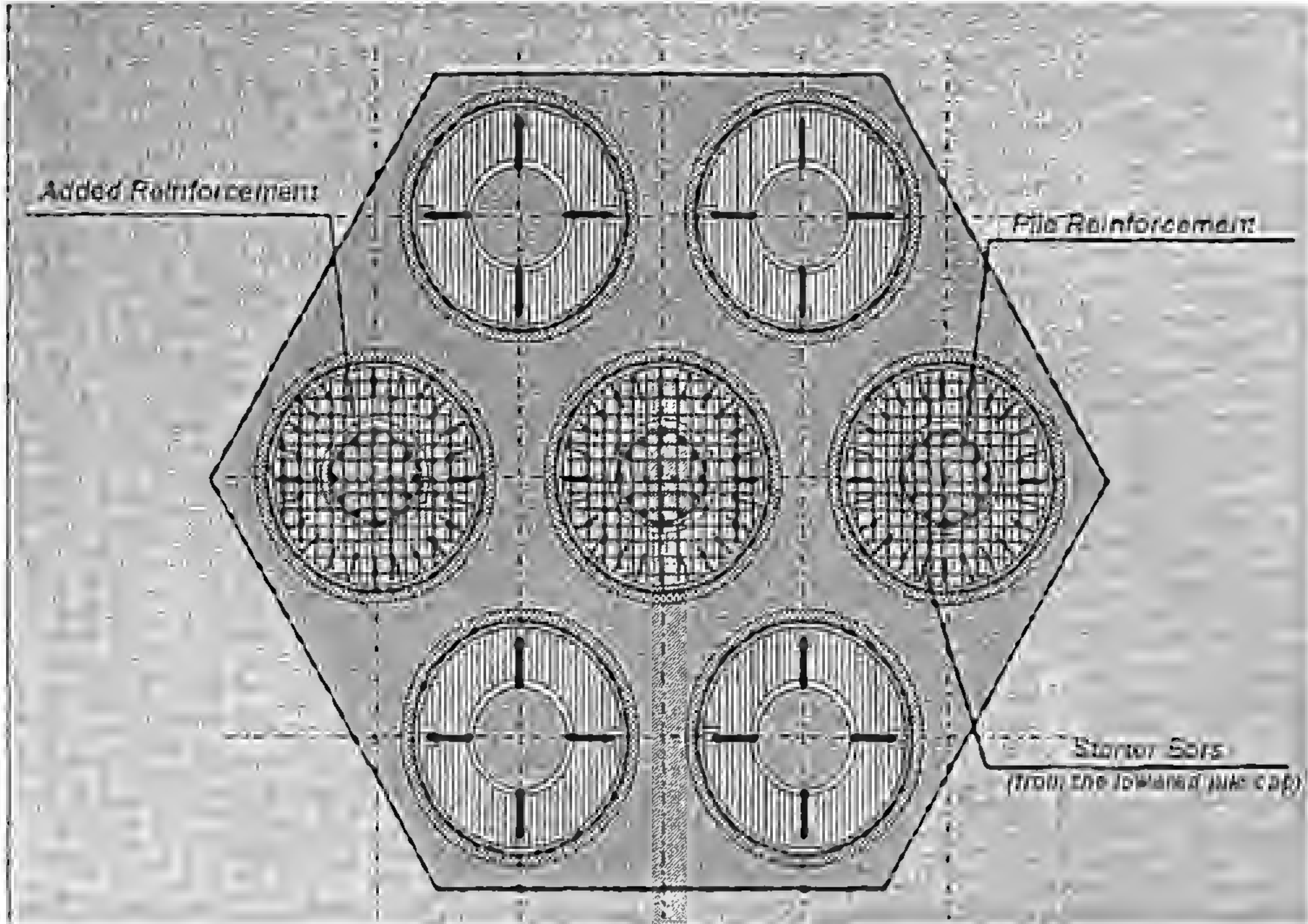
لحام ٤ شرائح معدنية حول كل خازوق لحمل وتثبيت الهامة بالخوازيق



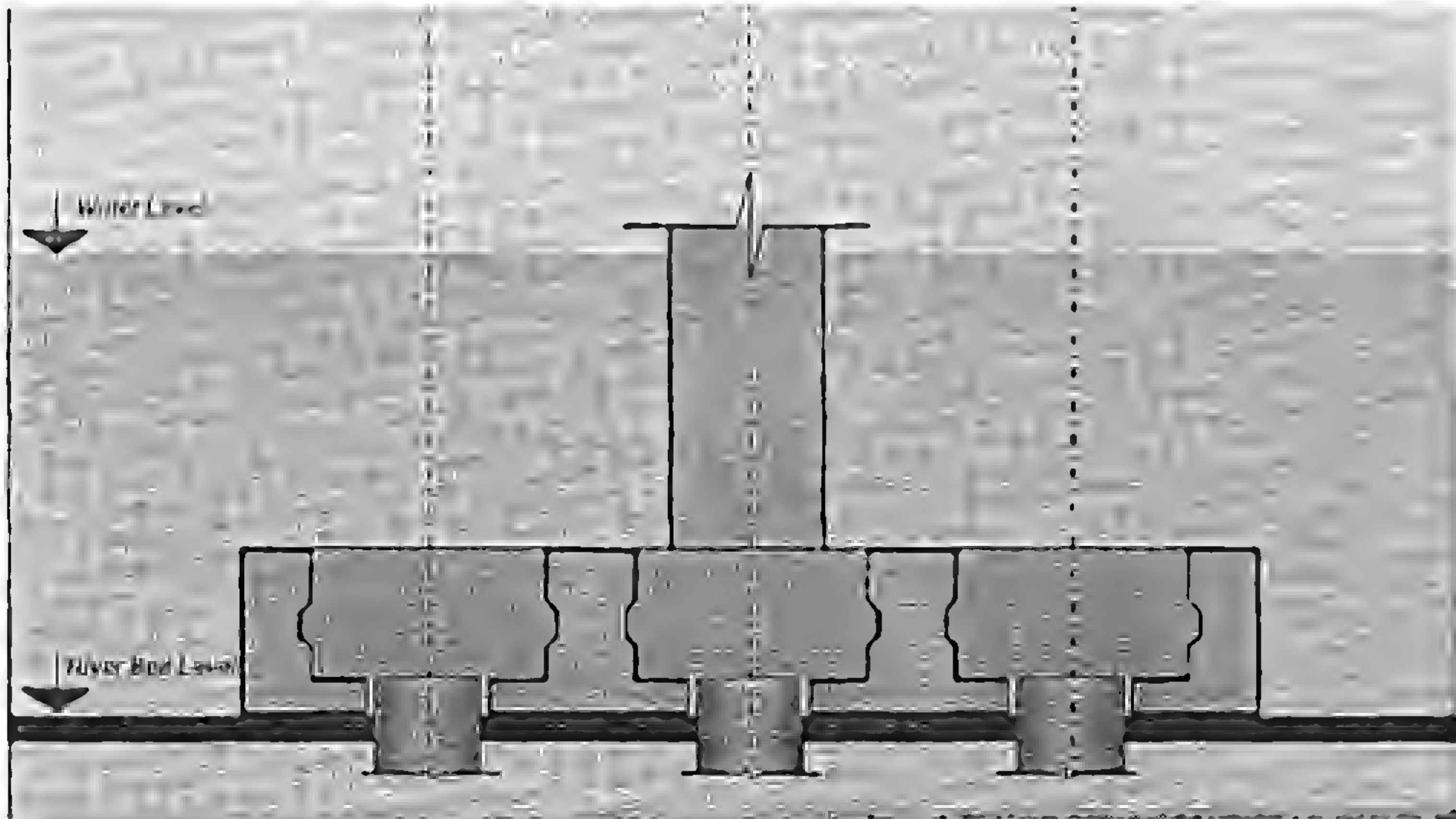
نزع المياه من كل خازوق



أزالة الروافع - تكسير همامات الخوازيق لأظهار حديد التسليح



تسليح هامة الخوازيق

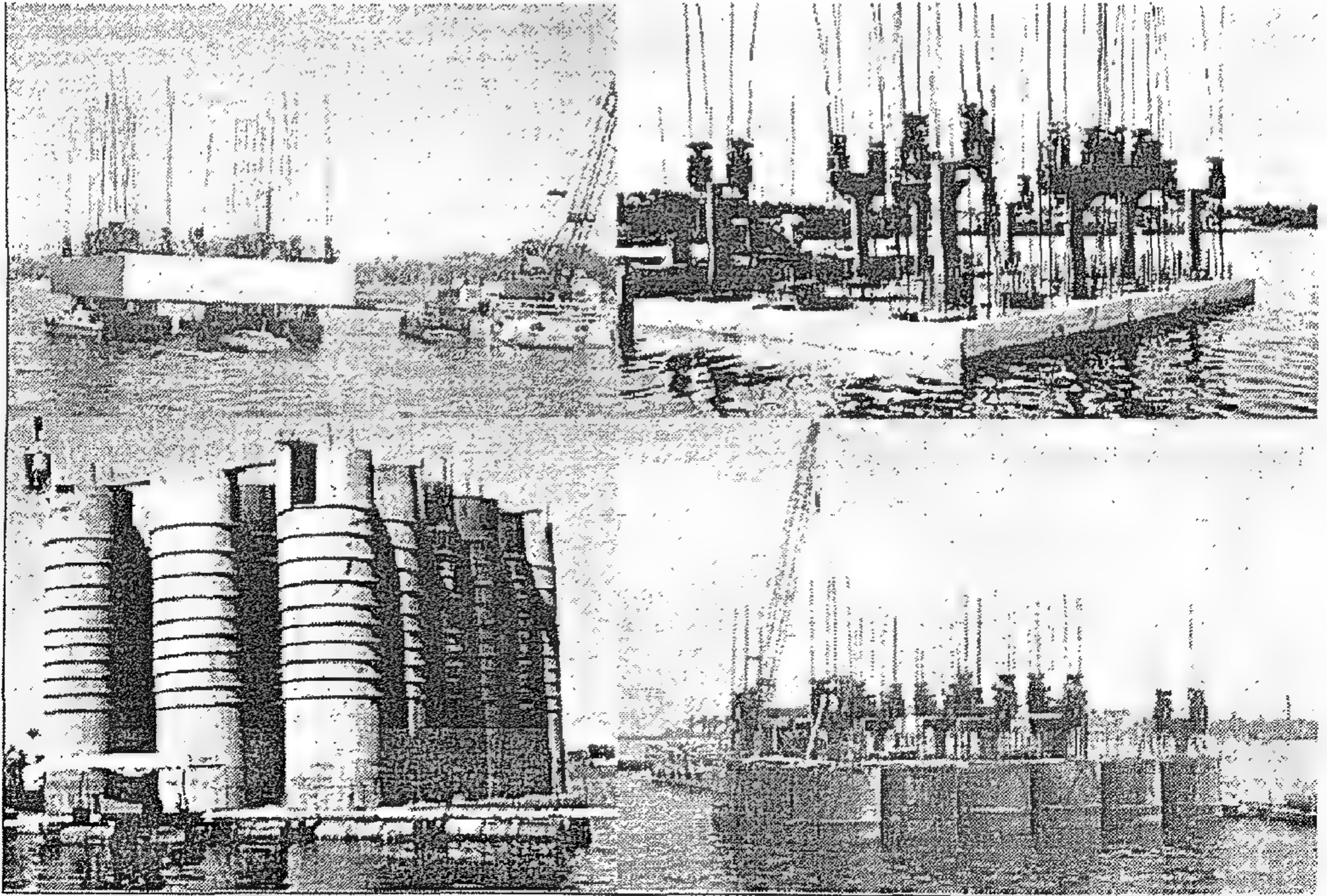


صب باقي هامة الخوازيق وعمود ارتفاع الكوبري شكل (٢)

تتابع تنفيذ هامة الخوازيق تحت الماء

ثانيا : الجزء تحت سطح الماء :

- ١ - استكمال تنزيل القاعدة إلي المنسوب النهائي لها تحت الماء.
 - ٢ - بعد قفل الفراغ بين الخوازيق والقاعدة ، يتم تجفيف الماء من داخل القاعدة.
 - ٣ - لحام ألواح معدنية لربط القاعدة بالغلاف الخارجي المعدني للخوازيق بعدد كاف لحمل وزن القاعدة .
 - ٤ - فك الروافع الهيدروليكية .
 - ٥ - إزالة الغلاف المعدني للخوازيق وتكسير الهامات وأظهار حديد التسليح - ربط حديد الخوازيق مع حديد القاعدة واستكمال الصب .
- ومما يجدر ذكره أن هذه الطريقة توفر ٥٠ % من التكلفة الإجمالية لقواعد الدعامات ، و ٦٥ % من معدلات التنفيذ ، كما تم تنفيذ دعائم كل من كوبري روض الفرج وكوبري ١٥ مايو بهذا الأسلوب .



شكل (٢) صورة من الطبعة لأساسات أحد الكبارى علي نهر النيل - القاهرة

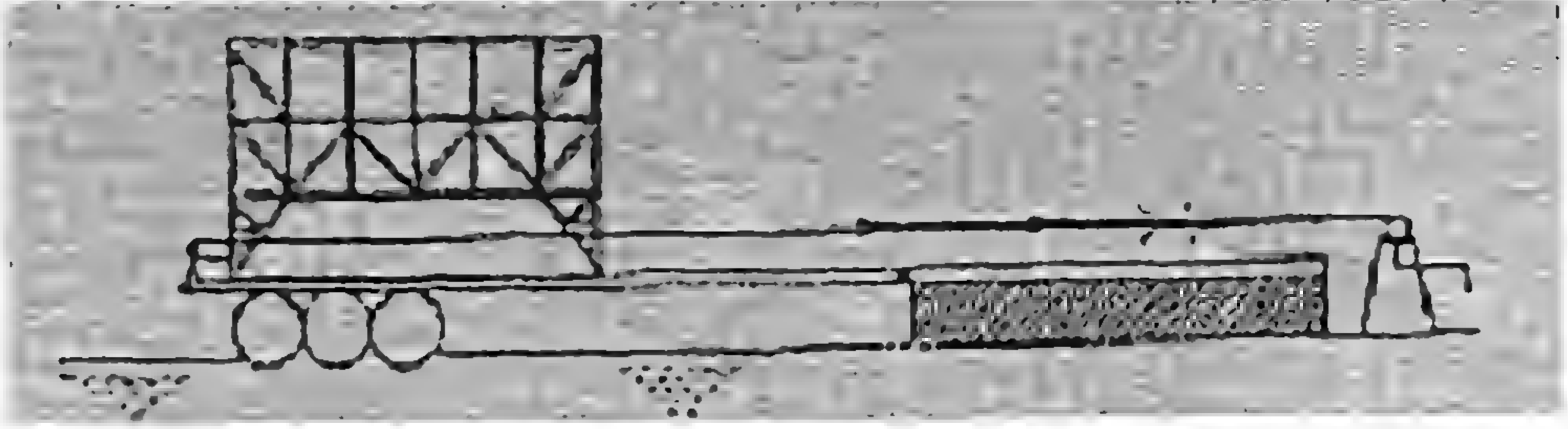
معدلات رفع وتغويص قواعد الكباري:

يتم الرفع بمعدل ٧٥ سم / ساعة ، والتغويص بمعدل ٧٥ سم / ساعة .
وعلى سبيل المثال : يتم رفع وتغويص قاعدة وزنها ١٠٠٠ طن لعدد ٢٠ خازوق في مدة زمنية قدرها شهر واحد على فترات متقطعة .

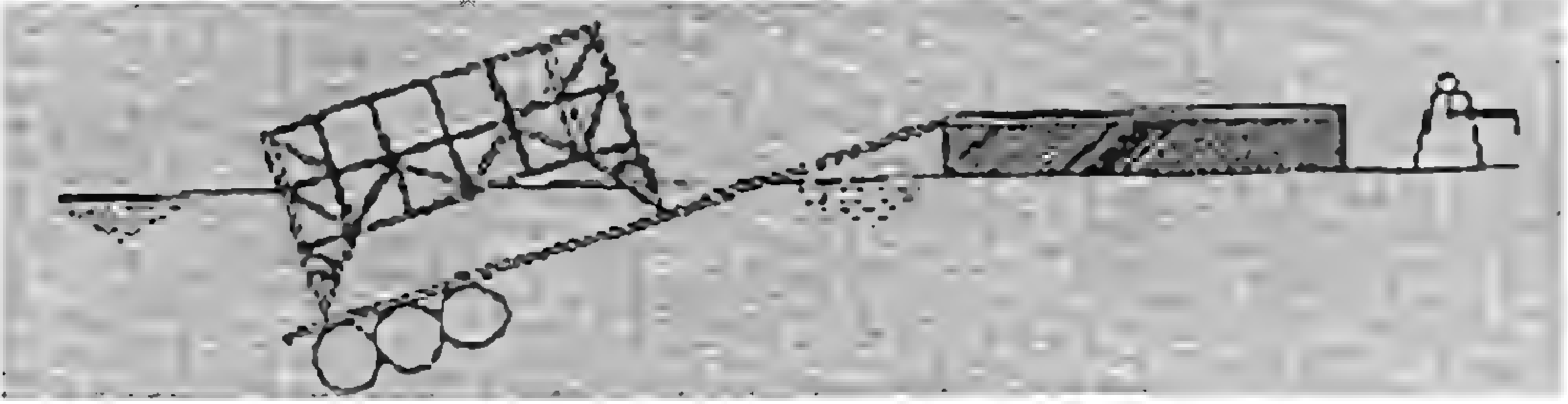
٣ - القيسون الصندوقي داخل المجري المائي باستخدام الهواء المضغوط : طريقة التنفيذ :

١ - يتم إنشاء قزق لتصنيع القيسون على الشاطئ ، وهو عبارة عن عدد من الكمرات الخرسانية المسلحة متوازية ومرتفعة ١ متر عن سطح الأرض وفي مستوي أفقي ، يربطها كمرات مسلحة عرضية أخرى . يتم تثبيت كمرات معدنية على الكمرات الخرسانية السابقة . تعمل أرضية أفقية وجوانب رأسية مماثلة لأبعاد القيسون لصناعة القيسون على هذا القزق . يتصل المنشأ الموجود على الشاطئ بجزء عائم ، طوله = ضعف طول القيسون ، عبارة عن هيكل معدني مكون من كمرات مجري بقطاع مناسب ، ويرتكز بمفصلات على الكمرة العرضية الخرسانية على الشاطئ وفي الطرف الآخر على عدة مواسير كبيرة مزودة من أعلاها بمحابس ، الغرض منها أمكانه ملء هذه المواسير بالمياه فيثقل القزق إلى أسفل المياه ويميل الهيكل نحو النيل وينزلق بذلك القيسون . هيكل القيسون عبارة عن منشأ معدني ينفذ بأبعاد القيسون الخرساني ، ذو حوائط وقاع من الصاج ، ومزود بالسكين القاطع على كامل المحيط . الهيكل المذكور مقوي بالقطاعات المعدنية (زوايا وكمرات) ، لمنع تشكل الجوانب أو الأرضية أثناء التنفيذ .

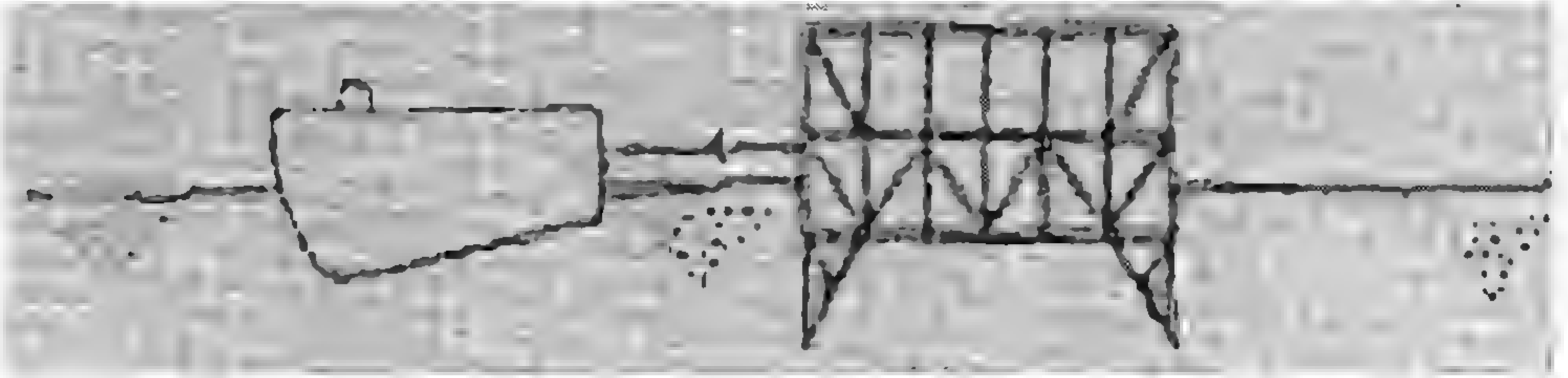
يسحب القيسون إلى مكانه داخل مجري النهر باللنشات ، يحدد مكانه بدقة باستخدام الأجهزة المساحية . يثبت القيسون في مكانه بربطة بمواسير ذات قطر مناسب حول محيطه الخارجي وبأثقال عند القاع - خطوات التنفيذ - شكل (٣) .



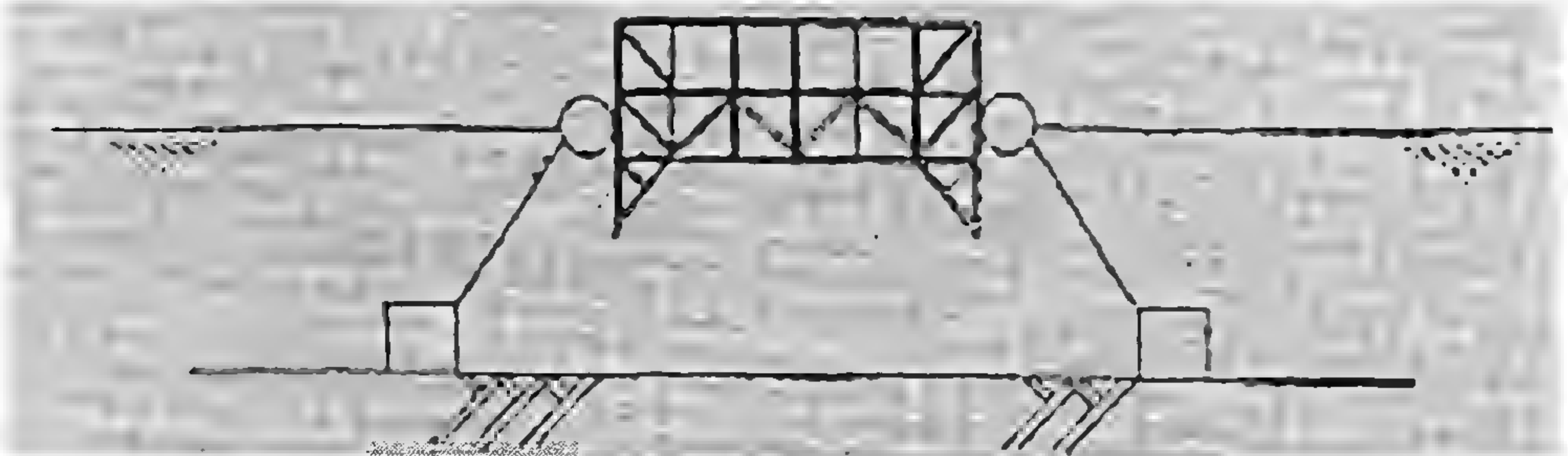
١ - سحب القيسون الى القرق المتحرك



٢ - تعويم القيسون وأنزاله الى النهر



٣ - سحب القيسون الى مكانه بالنهر

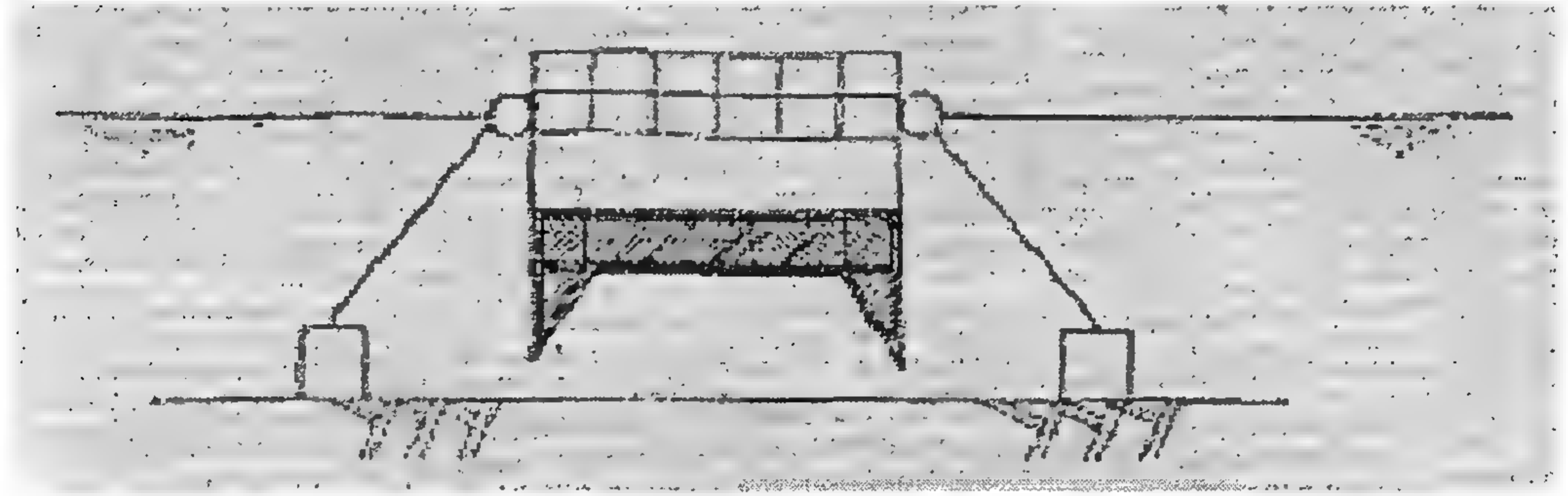


٤ - تثبيت القيسون بواسطة المواسير المقفلة العائمة والبلوكات الخرسانية

- ٢ - تعمل تجهيزات صب الخرسانة المسلحة داخل القيسون ، يبدأ بتسليح السكينة ثم الصب . نشرع في تجهيز الحطة الثانية بارتفاع متر و تسليحها ثم صبها وهكذا حتي نصل الي منسوب سقف غرفة التشغيل (علي ارتفاع ٢,٤ متر) .
- ٣ - ننفذ الخرسانة المسلحة للأرضية (سقف غرفة التشغيل) ، مع مراعاة وضع وتركيب القطع المفقودة و مواسير ضغط الهواء . تعمل شدات خشبية لتنفيذ

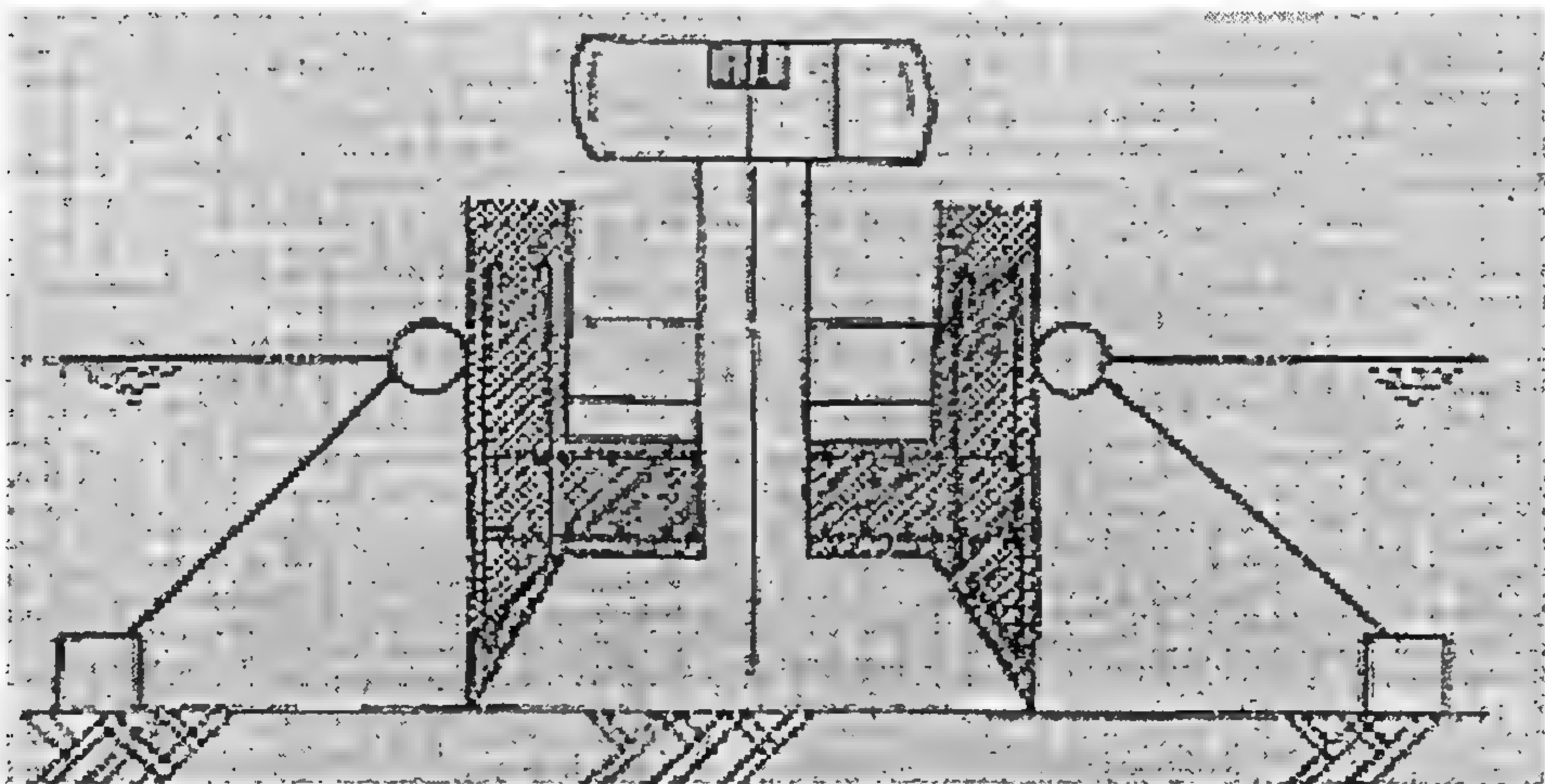
الأرضية . يجب ضرورة تعلية الجوانب الصاج الخارجية للقيسون كلما غاص القيسون في المياه لتنفيذ صب الحطات الخرسانية بالحوائط .

٤ - يستكمل تنفيذ وصب حطات حوائط القيسون مع صب القواطيع الوسطي .
يراعي مراقبة غوص القيسون عن طريق مجسات قياس ارتفاع المياه ، عند اقتراب السكينة من قاع النهر ، يتم عمل الضبط النهائي ثم صب حطة خرسانية لتغوص السكينة بالقاع .

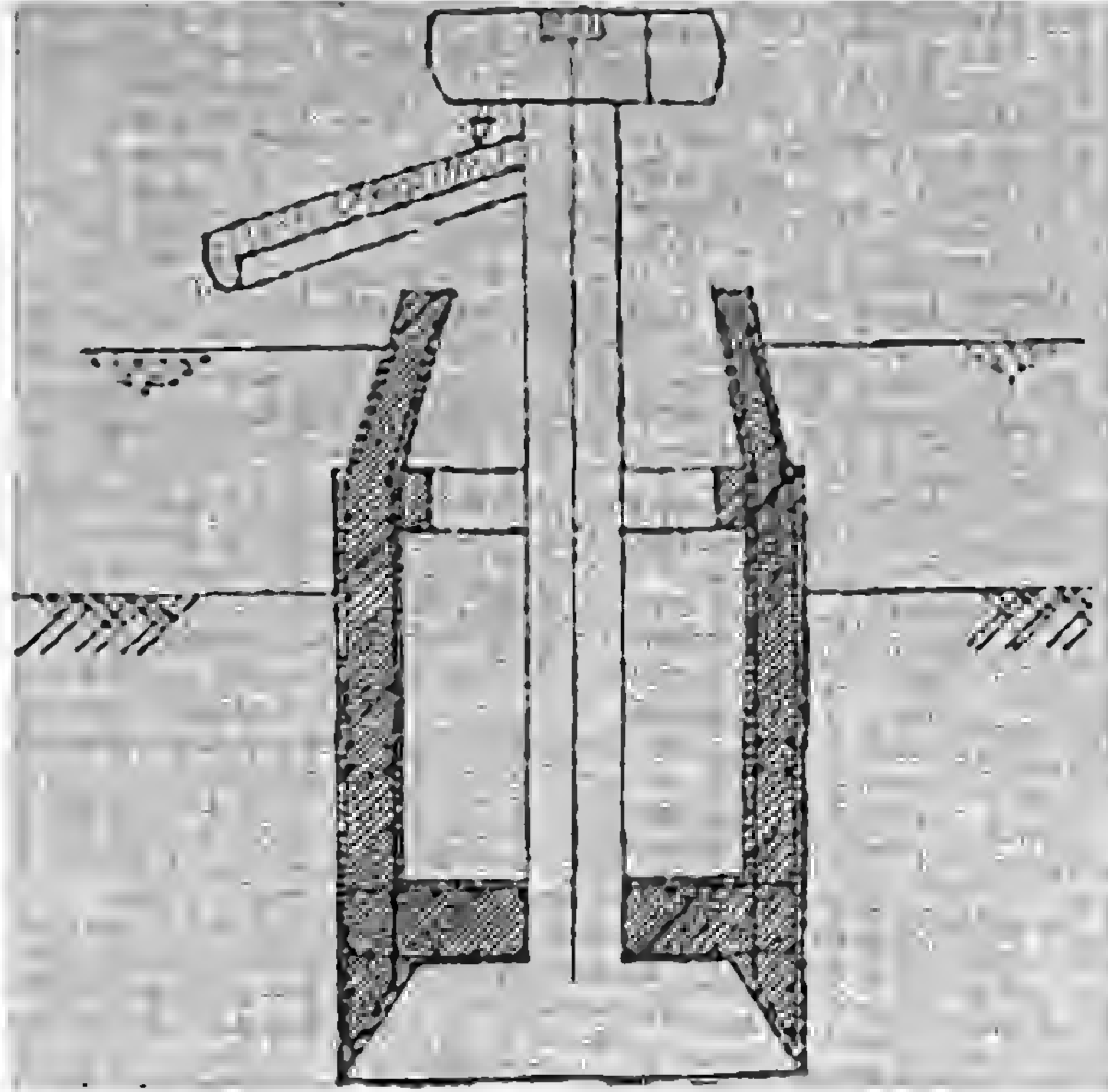


٥ - صب الخرسانة المسلحة بالقيسون ونزوله الى القاع . يتم تزويد وتعلية جوانب القيسون المعدني بالواح صاج معدنية

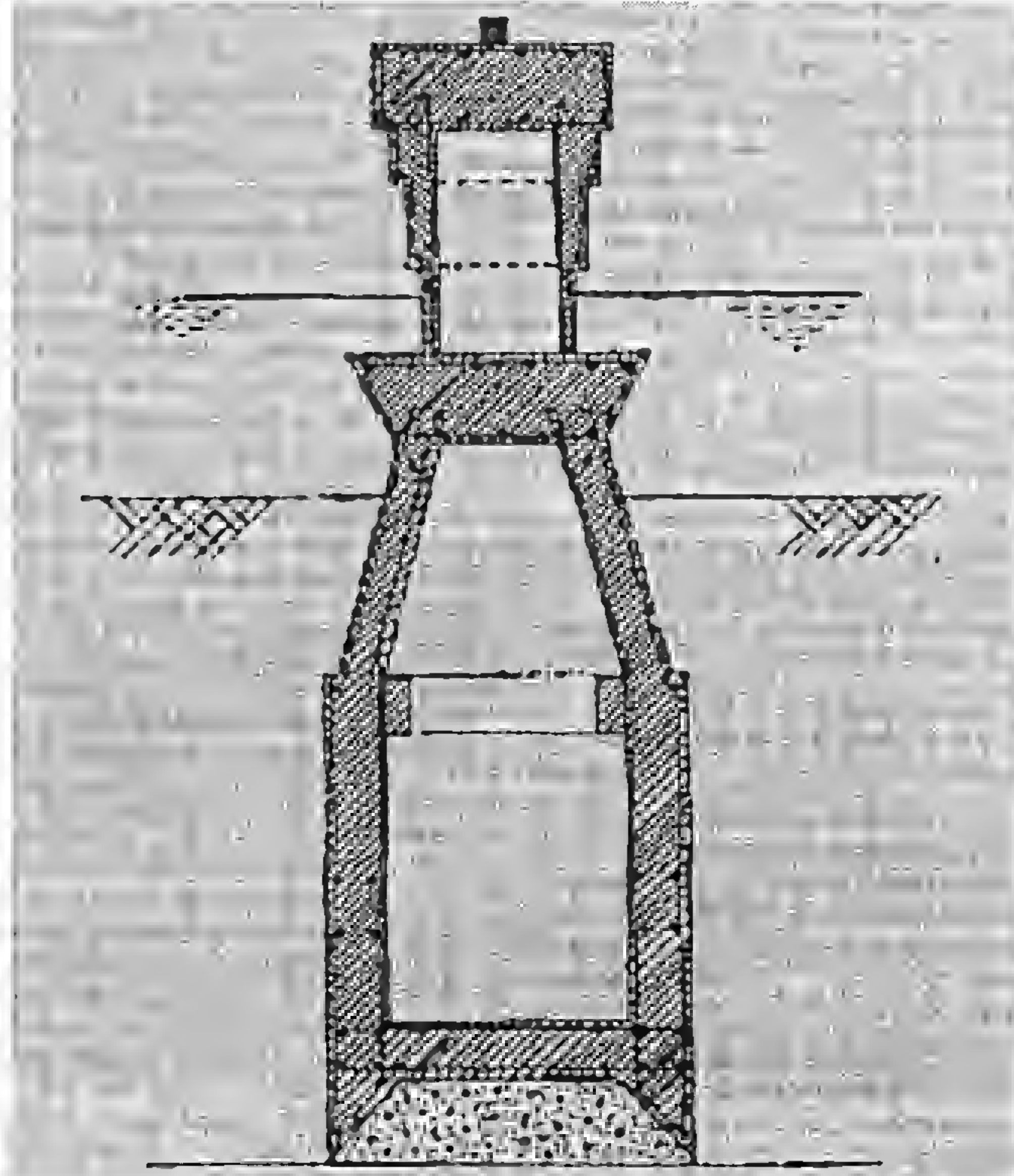
٥ - تركيب مواسير العمل و مواسير ضغط الهواء . تركيب في النهاية غرفة الضغط و توصيلها بمحطة ضخ الهواء استعدادا لبدأ العمل لتغويص القيسون بالهواء المضغوط .



٦ - وصول القيسون الى قاع النيل مع تركيب غرفة الضغط



٧ - الحفر تحت قاع النهر حتي منسوب التأسيس باستخدام الهواء المضغوط



٨ - صب خرسانة عادية للجزء أسفل القيسون مع حقنة ثم بدأ صب الجزء العلوي (أرتكاز الكوبري)

شكل (٣) مراحل تنفيذ القيسون بالهواء المضغوط - كوبري ٦ أكتوبر - القاهرة

تفاصيل تنفيذ القيسونات بالهواء المضغوط :

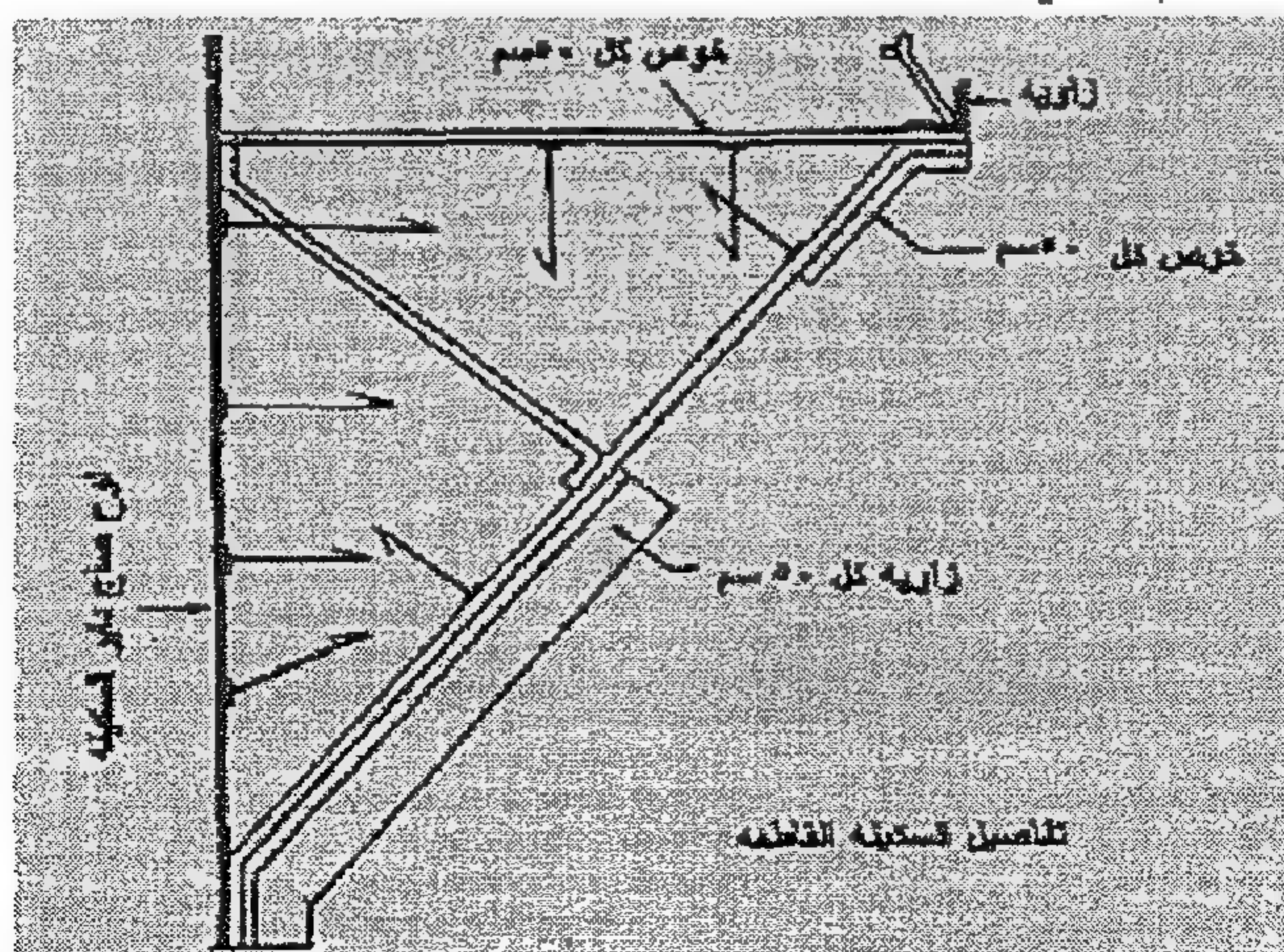
مقدمة :

أن خير مثال للقيسونات المنفذة بالهواء المضغوط ، هو إنشاء دعامات (أساسات) الكباري في النيل Bridge Piers، حيث تتركز هذه الدعامات علي القيسونات المغمورة في المياه ، و يقوم القيسون بنقل الحمل الواقع علي الدعامة إلى طبقه التأسيس . واستخدام الهواء المضغوط لتنفيذ القيسون يعتبر الحل المثالي في هذه الحالة لكون الهواء المضغوط داخل القيسون يقاوم ويعادل و يضاد في الاتجاه ضغط المياه خارج القيسون مما يمكن العاملين من إنشاء وتغويض القيسون في جو جاف تماما . بعد وصول القيسون الي قاع النهر والبدأ في تشغيل الهواء المضغوط ، نعرض طريقة تغويض القيسون بالهواء المضغوط .

مكونات القيسون :

١ - السكينة Cutting Edge :

وهي منشأ معدني علي شكل حرف ٧ و مقوي من الداخل بقطاعات معدنية و زوايا - شكل (٤) . وفائدة السكينة هو تسهيل اختراق الأرض أثناء عملية الحفر وهي أوطى جزء في حائط القيسون . عند بداية صب الخرسانة لحائط القيسون ، تملأ الخرسانة السكينة المعدنية أولا ثم باقي الحائط .



شكل (٤) السكينة القاطعة أسفل القيسون

٢ - جسم القيسون :

و يكون من الخرسانة المسلحة . يفضل القطاع المستطيل لارتكاز الدعامة . السقف السفلي للقيسون - الأرضية - تكون مرتفعة بمقدار ٢,٢٥ متر تقريبا عن طرف السكينة لخلق فراغ مناسب للعمال لأداء عملية الحفر . يوضع في السقف - قبل الصب - قطعتين دائريتين أو علي شكل القطع الناقص (١,٦ × ٠,٦) من الحديد و ملحوما في الطرفين فلانشتين معدنيتين . تسمى هذه القطع بالقطع المفقودة Lost Pieces تكون أحداها عند السطح السفلي للسقف وتكون الأخرى عند السطح العلوي للسقف حيث يتم ربط ماسورة التشغيل بها بالمسامير وجوانات الكاوتشوك - شكل (٦) . كما يوضع بالسقف أيضا ماسورتين من الحديد بفلانشتين قطر ٦" يتم توصيلهما بخرطوم ثم الي محطة الهواء المضغوط . يوضع أيضا مواسير من الحديد المجلفن قطر ٢" ، موزعة علي مسطح القيسون ومزودة بفلانشتين لغرض أعمال الحقن . يفضل أن تكون المسافة بين أي ماسورتين في حدود ٣ - ٤ متر . يزود القيسون من الداخل بحوائط من الخرسانة المسلحة (قواطع) لارتكاز الحوائط الطويلة وتخفيف الأجهادات عليها .

٣ - محطة ضخ الهواء :

تتكون محطة ضخ الهواء - شكل (٥) من العناصر الآتية :

أ - ضواغط الهواء :

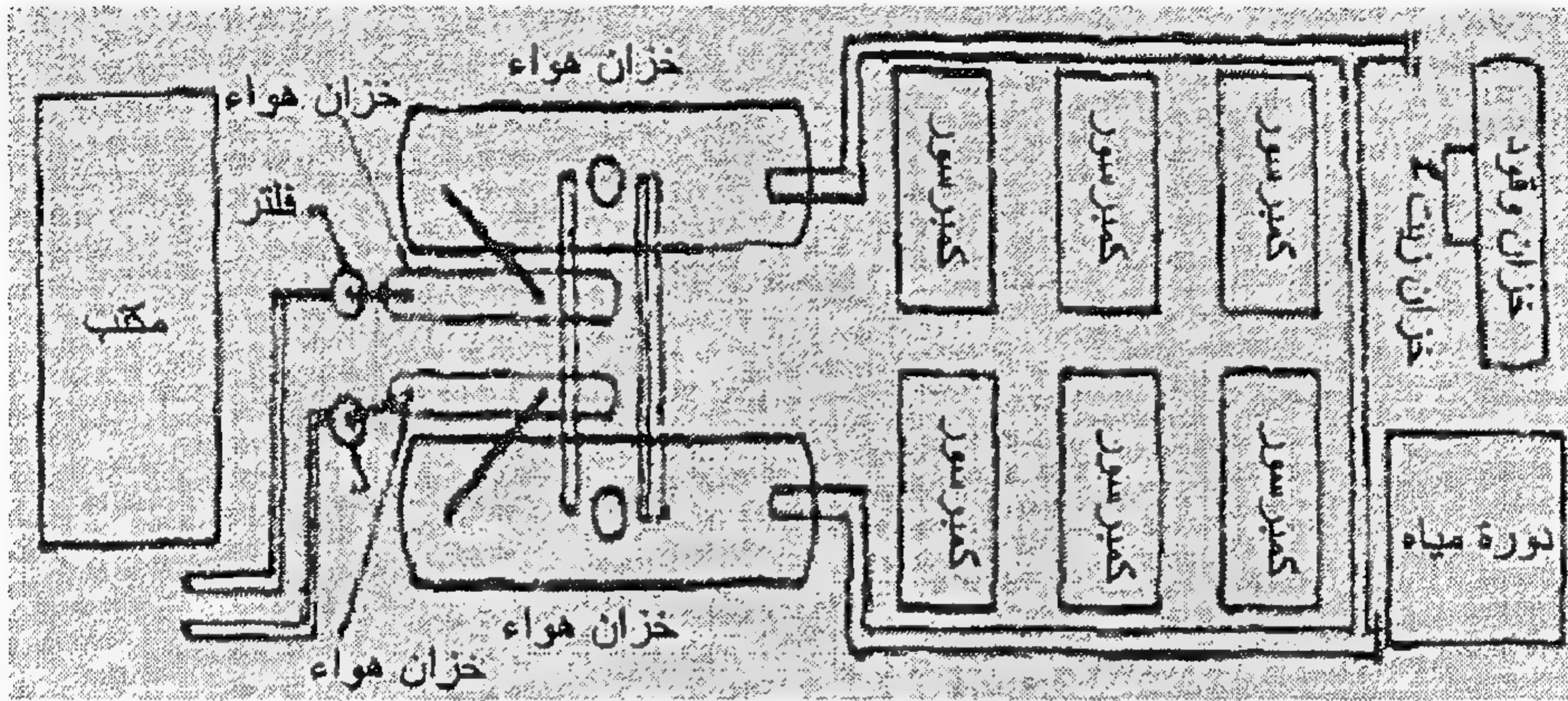
عدد ٦ ضاغط هواء ، يفضل الضاغط ذو الضغط الواطي . يقوم بالعمل ٢ ضاغط فقط بينما باقي الضواغط تعمل احتياطيا . يجري العمل ٢٤ ساعة يوميا . تتصل هذه الضواغط مع بعضها بماسورة مجمعة و تتجه إلى البيارة و يخرج منها فرع إلى خزان هواء معدني سعة ١٠ متر مكعب يعمل احتياطيا للطوارئ . كما يخرج فرعا آخر إلى المستشفى الخاص بعلاج العاملين في الهواء المضغوط .

الماسورة المتجهه إلى البيارة تمر علي فلتر (مرشح) لتنقية الهواء الخارج من الضواغط قبل الدخول إلى القيسون لتنقية من أية أبخرة زيوت ضارة بالعاملين ،

كما تمر أيضا علي مبرد لتلطيف الجو داخل القيسون .

ملاحظة :

في حالة عدم توفر الضواغط ذات الضغط الواطي و الاضطرار لاستخدام الضواغط ذات الضغط العالي - يتم تركيب صمام تخفيض الضغط عند مخرج ماسورة الهواء . الغرض منه تخفيض الضغط العالي الوارد من ضاغط الهواء ليصل إلى الضغط المناسب للعمل داخل القيسون .



شكل (٥) محطة ضغط الهواء

ب - خزانات الطوارئ :

يركب ٢ خزان هواء احتياطي سعة كل منها ١٠ متر مكعب من الهواء (تكون احتياطية) لتغذية القيسون بالهواء في ظروف تعطل ضواغط الهواء حتى يخرج عمال الحفر من داخل القيسون .

ج - المستشفى :

وهي عبارة عن غرفة معدنية محكمة الغلق مزودة بسرير لتمرير أي عامل أصيب من ضغط الهواء. يصاب العامل بذلك إذا خالف لوائح العمل في الهواء المضغوط مثل النزول أو الخروج من القيسون بسرعة في زمن أقل من المسموح به يدخل العامل إلى المستشفى و يحكم غلقها ، ثم يتم تسليط الهواء داخل المستشفى تدريجيا وبمعدل أبطأ حتى يصل إلى الضغط الذي تعرض له . يخفف الضغط تدريجيا أيضا بمعدل أقل حتى نصل إلى الضغط الجوي العادي . يعود العامل

بعد ذلك إلى حالته الطبيعية .

و الجدول الآتي يحدد مدة تخفيض الضغط لخروج آمن للعمال :

الضغط داخل القيسون ض.ج	عدد ساعات التشغيل (الوردية)	مدة تخفيض الضغط والخروج
٠,٥ - ١	٦ ساعات	٢٥ دقيقة
١ - ١,٥	٦ ساعات	٤٥ دقيقة
	٥ ساعات	٣٥ دقيقة
	٥ ساعات	١٢٠ دقيقة
١,٥ - ٢	٤,٥ ساعة	١٠٠ دقيقة
	٤ ساعة	٨٥ دقيقة
	٤ ساعات	١٦٠ دقيقة
٢ - ٢,٥	٣,٥ ساعة	١٤٠ دقيقة
	٣ ساعات	١٢٠ دقيقة
	٢,٥ ساعة	١٩٥ دقيقة
٢,٥ - ٣	٢ ساعة	٢١٠ دقيقة

د - الفلاتر :

عند خروج الهواء من الضواغط - يكون مختلطاً ببخار الزيت خاصة إذا لم يكن الضاغط جديداً - تتركب الفلاتر علي الماسورة الخارجة من ضواغط الهواء لتنقية الهواء حيث أنه ضار بصحة العاملين .

و - صمام تخفيض الضغط :

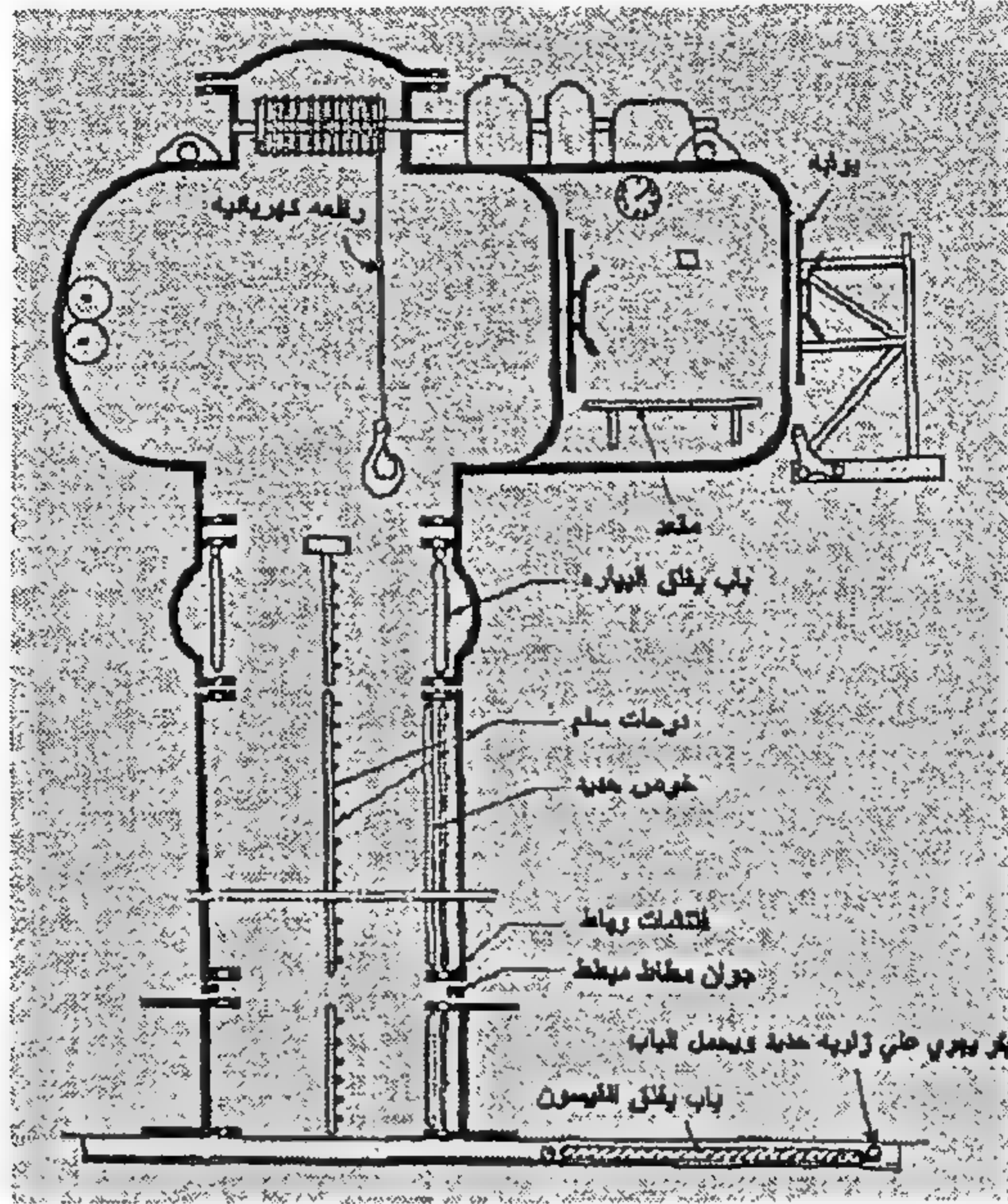
في حاله استخدام ضواغط هواء ذات ضغط عالي ، يكون ضغط الهواء يساوي ٧ ضغط جوي - بينما الضغط المطلوب داخل القيسون حوالي ٠,٥ إلى ١,٥ ضغط جوي ، لذلك يركب الصمام لتخفيض الضغط عند مخرج محطة الهواء وليلائم الضغط المطلوب داخل القيسون .

س - غرفة الضغط (الكبائية) :

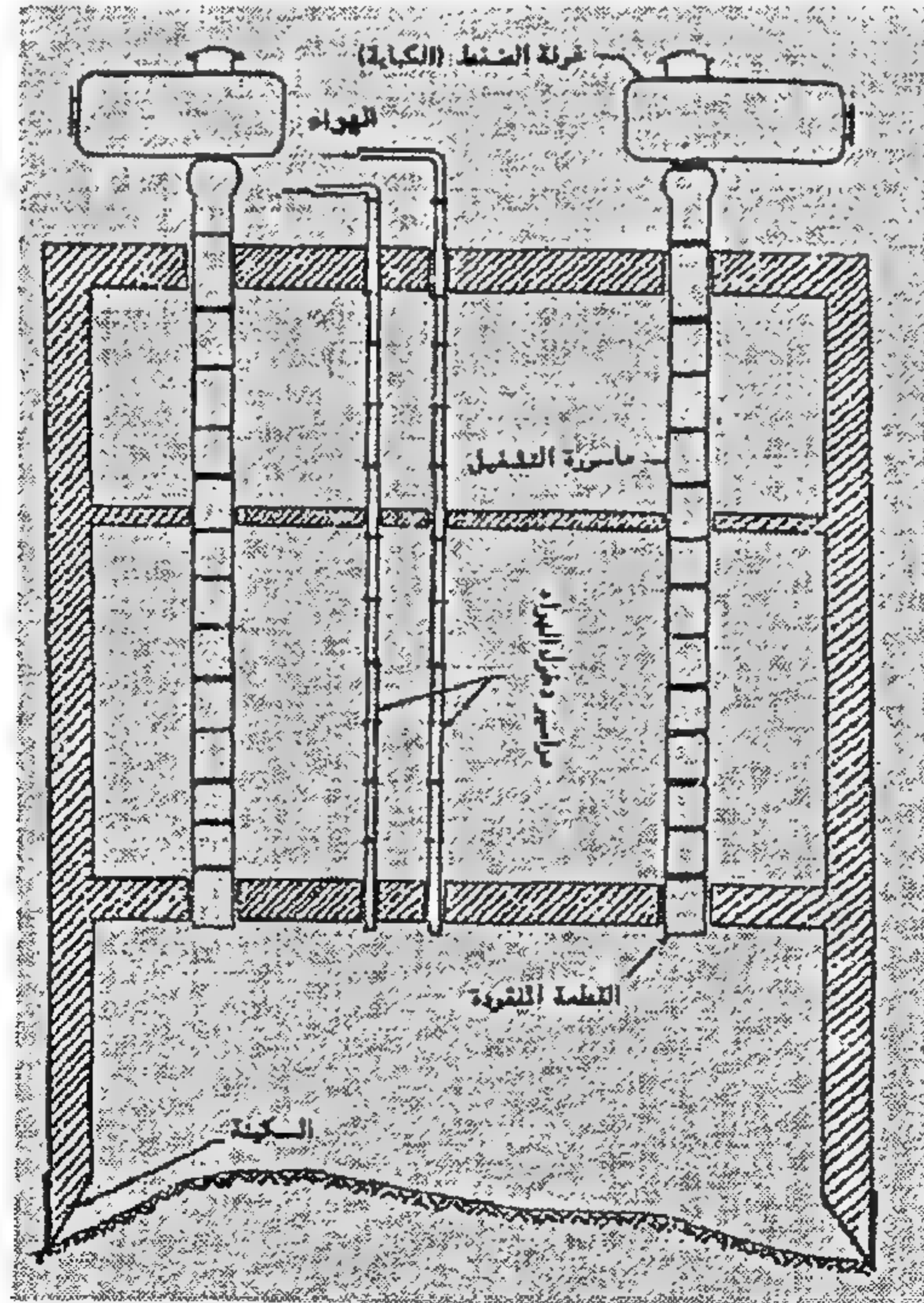
و هي غرفة أسطوانية محكمه الغلق - قطرها حوالي ٢ متر و طولها ٥ متر - شكل (٦) . بها مقاعد لجلوس العمال و مزوده بباب للدخول و الخروج ، بالإضافة إلى باب يغلق علي ماسورة العمل لحفظ الضغط . و تتصل بماسورة رأسية تسمى ماسورة العمل - قطاع هذه الماسورة دائري أو أسطواني - و هي مكونة من قطع مواسير متصلة ببعضها عن طريق فلانشات وجوانات - طول الوحدة ٢ متر تتصل في النهاية بالقطعة المفقودة . تزود غرفة الضغط أيضا بموتور كهربائي لسحب جردل الحفر و إنزاله .

ريقة تنفيذ القيسون تحت الماء :

١ - نبدأ الحفر داخل القيسون ، يدخل العمال داخل غرفة الضغط وتغلق بأحكام ، ويسلط ضغط الهواء داخلها طبقا للجدول السابق . يسلط أيضا ضغط الهواء اللازم للتغلب علي المياه داخل غرفة التشغيل بالقيسون . يكون ضغط الهواء مساويا لارتفاع عامود المياه في الخارج مضافا له ٢ - ٣ متر زياده مقابل الفواقد وخلافه . عند الوصول للضغط المطلوب ، يتم نزول العمال إلى داخل القيسون وبدأ عملية الحفر . يتم تعبئه جرادل معدنية أسطوانية خاصة بمقاسات تناسب ماسورة العمل ، سعتها ١ / ٨ م^٣ بالأتربة . يعلق الجردل بسلك صلب متصل بموتور الرفع عند غرفة الضغط . تملأ الجرادل الخاصة بالحفر وعند امتلائها يتم رفعها بواسطة موتور الرفع إلى أعلي . يغلق بوابة أسفل الجردل المذكور ثم تفتح بوابة الخروج ليتم تفريغ الأتربة . يعاد الجردل مرة أخرى ويغلق الباب الخارجي ثم يفتح الباب الداخلي لينزل إلى أسفل ليتم تعبئته مره أخرى . يتم الحفر بانتظام علي مسطح القيسون بمعدل ٢ - ٢,٥ م^٣ / وردية .



شكل (٦) غرفة الضغط - الكبارية ، تتصل بماسورة التشغيل ثم القطعة المفقودة عند السقف السفلي
٢ - نبدأ الحفر داخل البئارة مع خروج مواد الحفر الي الخارج بدون أن يستخدم
الهواء المضغوط طالما لا يعوق العمل وطالما لا توجد مياه رشح . يتم الحفر
بانتظام علي مسطح البئارة و نلاحظ هبوط البئارة شيئاً فشيئاً - شكل (٧) .



شكل (٧) البئارة في وضع العمل

٣ - عندما تكون مياه الرش مرتفعة داخل البئارة فإنه يجب البدء في الحفر تحت ضغط الهواء . عند ملاحظة ارتفاع مياه الرش فيجب زيادة ضغط هواء الي داخل البئارة بنفس قيمة ارتفاع المياه من منسوبها الطبيعي الي منسوب الحفر حتي تكون الأرض في حالة جفاف تام . يدخل العمال الي داخل غرفة الضغط ثم تغلق البوابة الخارجية . نبدأ في رفع الضغط داخل غرفة الضغط و داخل منطقة الحفر في آن واحد حتي نصل الي القيمة اللازمة للتخلص من مياه الرش . يلاحظ أن ضغط الهواء يزيد قليلا عن عامود المياه ، السبب في ذلك أن هناك كمية من الهواء تفقد في مسام الأرض و في وصلات المواسير - لذلك ، فعند ضغط الهواء يقوم العمال بالنزول . وفي حالة وجود مياه بسيطة، يبلغ العمال مسئول محطة الهواء - عن طريق التليفون - برفع الضغط قليلا حتي تمنع المياه و يستطيع العمال القيام بالعمل في سهولة ويسر .

٤ - يبدأ في الحفر ، فيتم تعبئة جردل معدنية أسطوانية خاصة بمقاسات تناسب ماسورة العمـل ، سعتها ٨ / ١ م ٣ معلقة بسلك صلب متصل بموتور الرفع عند غرفة الضغط . يرفع الجردل الي أعلي ثم يقوم أحد العمال بغلق الباب العلوي علي القيسون لعزل ماسورة العمل و منطقة الحفر عن الضغط الجوي الخارجي . يفتح باب جانبي لخروج الجردل و يفرغ من الأتربة ثم يعود الي الداخل و يغلق الباب الخارجي . يفتح الباب علي ماسورة العمل و يهبط الجردل الي أسفل للتعبئة وهكذا . يراعي أن يتم الحفر بانتظام علي كامل مسطح البئاره . تبلغ الإنتاجية ٢ - ٢,٥ م ٣ أتربة في الساعة (في حالة الحفر اليدوي) .

٥ - باستمرار الحفر و التعميق يكون القيسون معلق بسبب ضغط الهواء في غرفه التشغيل . نقوم بالعمل مده أسبوع و حتى يكون العمق أسفل السكينة قد وصل إلى ٧٠ - ٨٠ سم . نخرج العمال ثم نوقف ضغط الهواء (تدرجيا)، ليهبط القيسون بالمقدار السابق . يعاد العمل كما سبق حتى يتم

التغويص بالكامل . يتوالي الصب للحوائط مع استمرار التغويص . شكل (٨) يوضح عملية تنفيذ قيسون داخل مجري النهر .

يتم عمل ميزانية علي القيسون - يوميا - و اكتشاف ميل القيسون من عدمه . ومن المشاكل الشائعة حدوث ميل للقيسون بعد الهبوط - لذلك يبلغ رئيس الوردية بضرورة تعميق الحفر في الناحية العالية من الحفر أكثر من الناحية المقابلة حتى نستعيد توازن القيسون مرة أخرى . القيسون أثناء التنفيذ .

ملاحظات علي عملية الحفر :

١ - عند انتهاء أعمال الحفر والوصول إلى المنسوب النهائي - و المفروض أنه طبقه رملية - تؤخذ حوالي ١٠ عينات من أماكن متفرقة من القيسون في أكياس بلاستيك و ترسل إلى استشاري التربة و الأساسات للمعينة و الاعتماد . في حالة وجود أي مواد طينية أو غير مرغوب فيها ظهرت بالعينات - و في حالة طلب المهندس الاستشاري تعميق الحفر - فإنه يجب زيادة الحفر إلى عمق أكبر بحوالي ١ متر ، و تؤخذ العينات مره أخرى للاعتماد . لا يسمح بهبوط القيسون للعمق الجديد و يترك معلق تحت تأثير ضغط الهواء ثم نبدأ في صب هذه الفراغ بالخرسانة العادية حتى بطنيه السقف .

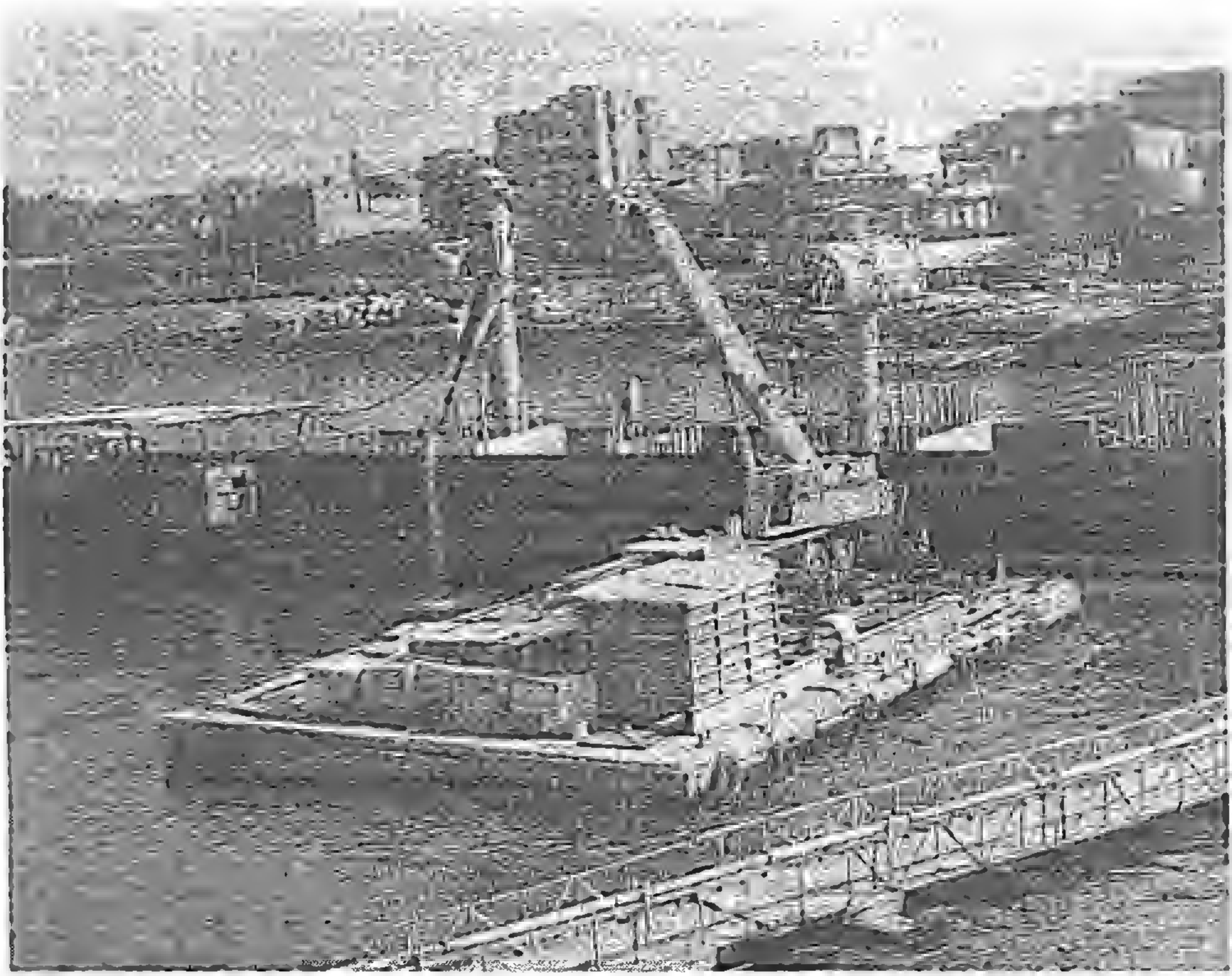
٢ - يمنع التدخين نهائيا حيث يكون الجو مشبعاً بالأكسجين . كما تستخدم لمبات للأنارة بقوة ١٢ فولت حتى لا تتسبب في أي حوادث .

٣ - يمكن تنزيل معدة حفر - تعمل بالبطاريات - داخل منطقه التشغيل مثل الحفار للإسراع بمعدلات العمل . يتم تنزيله إلى داخل منطقه الحفر أسفل البيارة مفككا علي أن يتم تجميعه فيها . يحظر استخدام أي معدة تعمل بالديزل حيث تنتج غازات ضارة بالعاملين .

صب الخرسانة العادية داخل منطقه التشغيل :

بعد انتهاء عملية الحفر و اعتماد المنسوب النهائي من استشاري التربة و الأساسات، نبدأ في صب الخرسانة العادية لملء هذه المنطقة بالكامل . تصب الخرسانة العادية من

الأسمنت بنسبه ٤٠٠ كجم أسمنت / م^٣ مع أضافه مادة مقاومة للرشح للخلطه الخرسانية . يتم خلط الخرسانة خارج القيسون ثم تعبئة جردل الحفر بها . يدخل الجردل إلى داخل ماسورة العمل و يفتح الباب الخارجي ثم يفتح باب القيسون . ننزل الجردل إلى داخل القيسون بالرافعة الكهربائية ثم يتم تفريغه و نقل الخرسانة إلى مكان الصب . يفضل صب الأجزاء أسفل السكينة أولاً لتثبيت موقع القيسون بشكل نهائي ثم الأجزاء الوسطي بعد ذلك .



شكل (٨) القيسون أثناء التنفيذ في المجري المائي

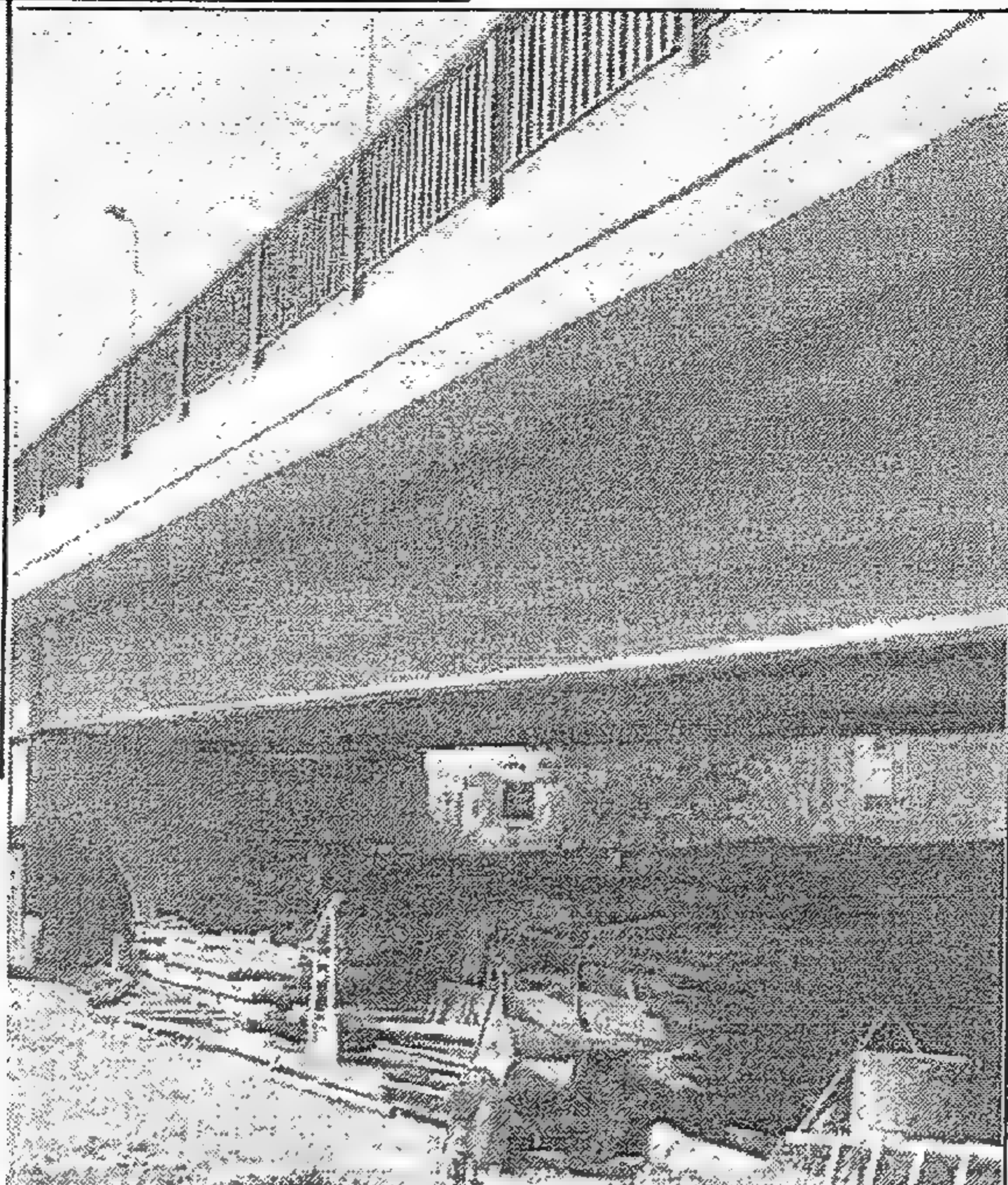
المراجع

- ١ - معهد التدريب لشركة المقاولون العرب .
- ٢ - الخبرة العملية الكبيرة للمؤلف .

3

الإنشاءات المتميزة

ريابكيا وانشاء



الباب الثامن عشر

طرق إنشاء الكباري

طرق إنشاء الكباري

تتعدد الطرق لتنفيذ جسم الكوبري تبعا لتوافر التكنولوجيات اللازمة للأنشاء أو طبيعة موقع العمل ٠٠٠٠ ومن هذه الطرق المنفذة في جمهورية مصر العربية ما يلي :

١ - نظام العربات الكابولية المتحركة Cantilever Carriage System . منفذ في كوبري ٦ أكتوبر وروض الفرج و كوبري الجيزة .

٢ - نظام دفع الهيكل العلوي Deck Pushing System . منفذ في كوبري الزمالك .

٣ - نظام الكمرات الطائرة Launching Girders System منفذ في أمتداد كوبري ٦ أكتوبر .

٤ - الكباري المعدنية Metallic Bridges منفذة في كوبري الملك الصالح و كوبري الفردوس والعباسية .

٥ - الكباري المعلقة Suspended Bridges مثل كوبري مبارك علي قناة السويس و كوبري ٦ أكتوبر .

أولا : نظام العربات المتحركة Cantilever Carriage System .

يصلح هذا النظام في الكباري علي المجاري المائية حيث لا يتطلب العمل أية شدات ، كما أنه يمتاز بالبحور الكبيرة مما يقلل في أعمال الأساسات .

وصف عام لطريقة التنفيذ :

١ - ينفذ الجزء الأول (الشريحة رقم صفر) بطول يتراوح بين ١٠ - ١٥ متر فوق أرتكاز الكوبري (البغلة) وتسمى Stump أي الجذع . تكون هذه الشريحة متصلة اتصالا جاسئا بالبغلة أو مثبتة مؤقتا .

٢ - تركيب العربات الكابولية علي طرفي الشريحة الأساسية (الجذع) ثم تنفذ الشرائح بالتبادل كما سيرد ذكره . ويعمل الكوبري مثل كابولي مزدوج ويعمل له شد مسبق سابق للأجهاد Pre stressing علي هذا الأساس .

٣ - ترتكز العربة الكابولية علي طرف الشريحة السابقة للشريحة المطلوب تنفيذها

وتثبت من الخلف لحفظ الأتزان وتمتد علي شكل كابولي لتحمل وزن الشريحة الجديدة ، كما يوجد أمتداد إضافي للكابولي يحمل سقالة التشغيل Working Platform - شكل (١) .

وصف العرببة الكابولية المتحركة :

العربة الكابولية المتحركة عبارة عن منشأ من الصلب (جمالون) يحمل شدة خرسانية تحمل بدورها شريحة من الخرسانة (بقطاع صندوقي) طولها ٣ - ٥ متر و التي تمثل جزء من الكوبري و ترتكز بدورها عي شريحة الكوبري السابقة - شكل (١) . العرببة مزودة بنظام للحركة والانتقال وكذلك نظام آخر للتثبيت .

المكونات الأساسية العرببة :

١ - عدد ٢ جمالون معدني علي الأطراف :

كل جمالون يرتكز علي مجموعة عجلات أمامية [رقم (٤) - شكل (١) ، شكل (٧)] ، كما ترتكزان علي مجموعة من العجلات الخلفية (وقت الحركة وانتقال العرببة) أو تثبيتهما من الخلف وقت الصب [رقم (٥) - شكل (١) ، شكل (٥)] . يمتد الجمالونان الي الأمام لحمل شريحة الكوبري الخرسانية والشدات الخاصة بالقطاع الخرساني ، كذلك يحمل الجمالون العلوي الأمامي (المرآة الأمامية - رقم ٢) شكل (١) ، شكل (٥) .

٢ - المرآة الأمامية :

وهو عبارة عن جمالون معدني محمل علي الجمالونين الرئيسيين ، معلق منه شدادات تحمل كل من أرضية الكوبري والكمرات والبلاطة العلوية . يتم ضبط هذه الشدادات للتحكم في عمق قطاع الكوبري و مناسيبه .

٣ - المرآة الخلفية :

وهو عبارة عن جمالون معدني متصل بالجمالونين الرئيسيين الجانبيين فوق مجموعة العجل الأمامي وهو مهم لأتزان العرببة في الاتجاه العرضي .

٤ - مجموعة العجلات الأمامية :

هي ٤ عجلات تحت كل جمالون من الجمالونين - شكل (٧) . تتحرك العجلات علي قضبان من الصلب مثبتين أعلي بلاطة الكوبري علي فرشاة خشبية علي جانبي كل من الكمرات الطولية للكوبري .

في الوضع الثابت ، تكون العربة مرتكزة علي روافع هيدروليكية (كوريكات) حمولة ٢٠٠ طن ، وترتفع هذه الروافع لأعلي في حالة حركة العربة - شكل (٤) .

٥ - مجموعة العجلات الخلفية :

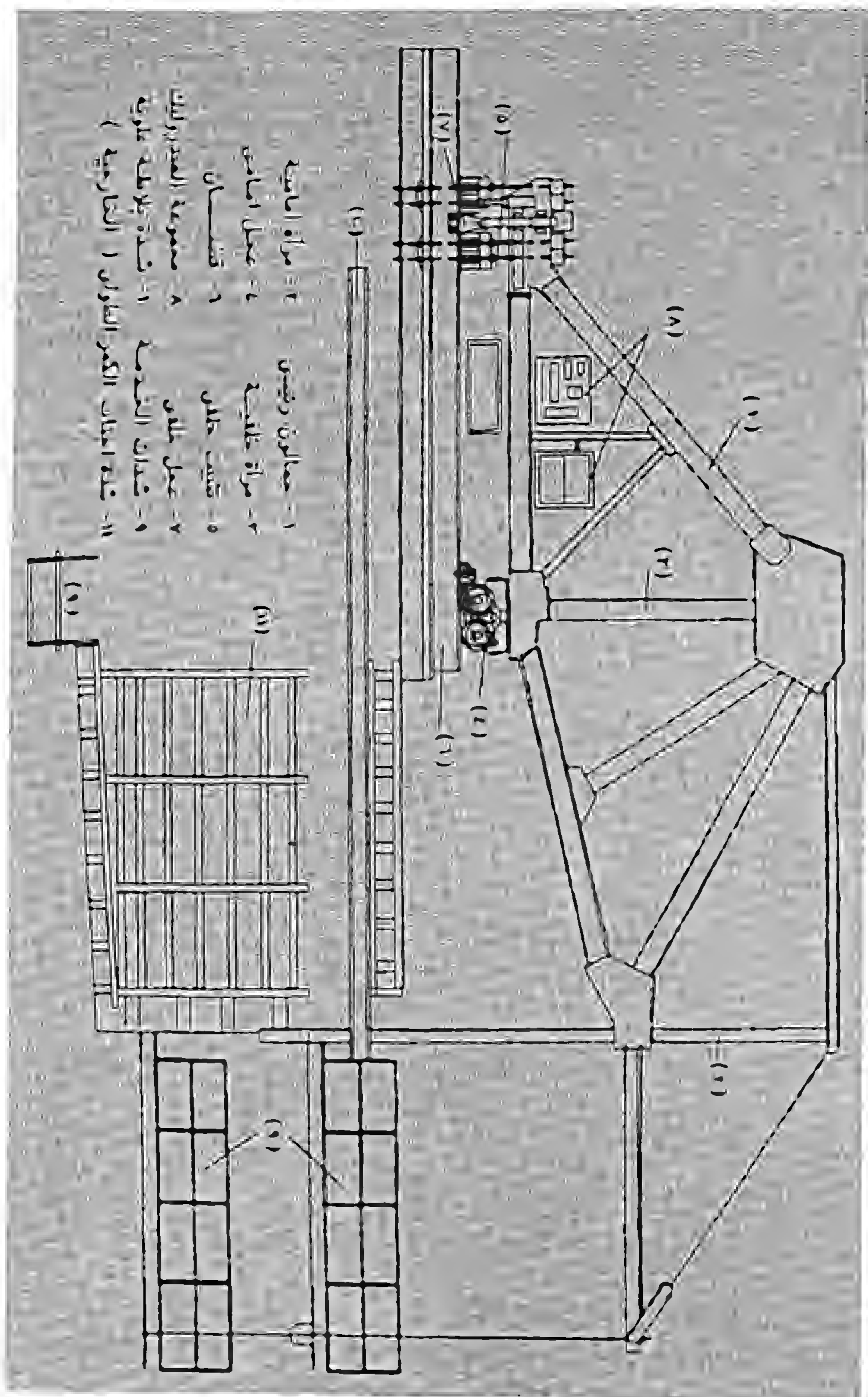
ترتكز مجموعة العجلات الخلفية علي السطح السفلي للشفة العلوية للقضيبين لحفظ أوزان العربة المتحركة أثناء السير - شكل (٥) . أما في الوضع الثابت فيتم التثبيت في الكمرات الطولية حول مجموعة العجلات السفلية بأسياخ شد - شكل (٦) .

٦ - مجموعة الحركة والتشغيل الهيدروليكي :

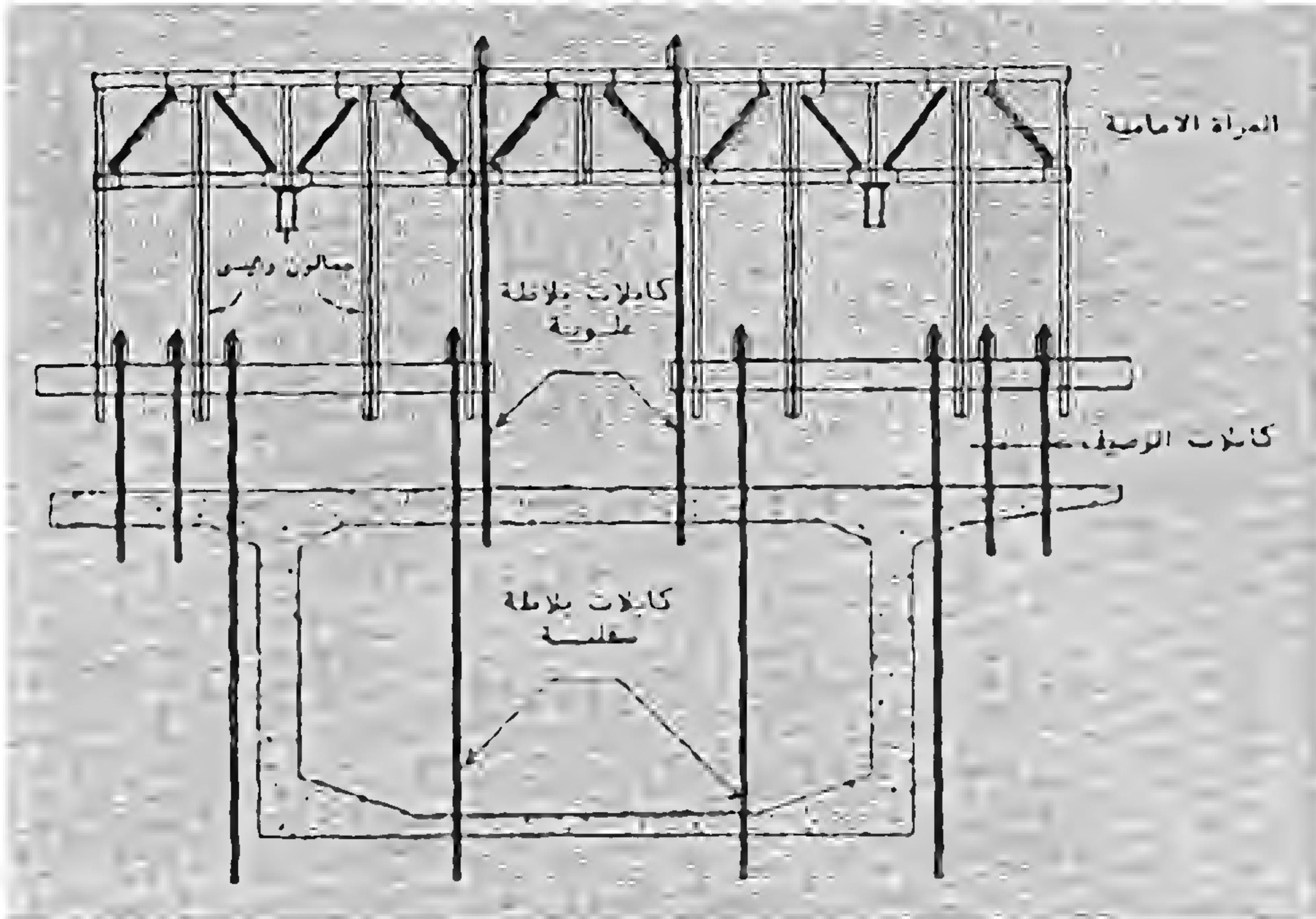
وتتكون من طلبات الزيت وهي ضواغط هيدروليكية تثبت علي جانبي مجموعة العجلات الأمامية - شكل (٧) . تسير العجلات خطوة خطوة ، كل خطوة مسافة ٥٠ سم .

٧ - القضبان :

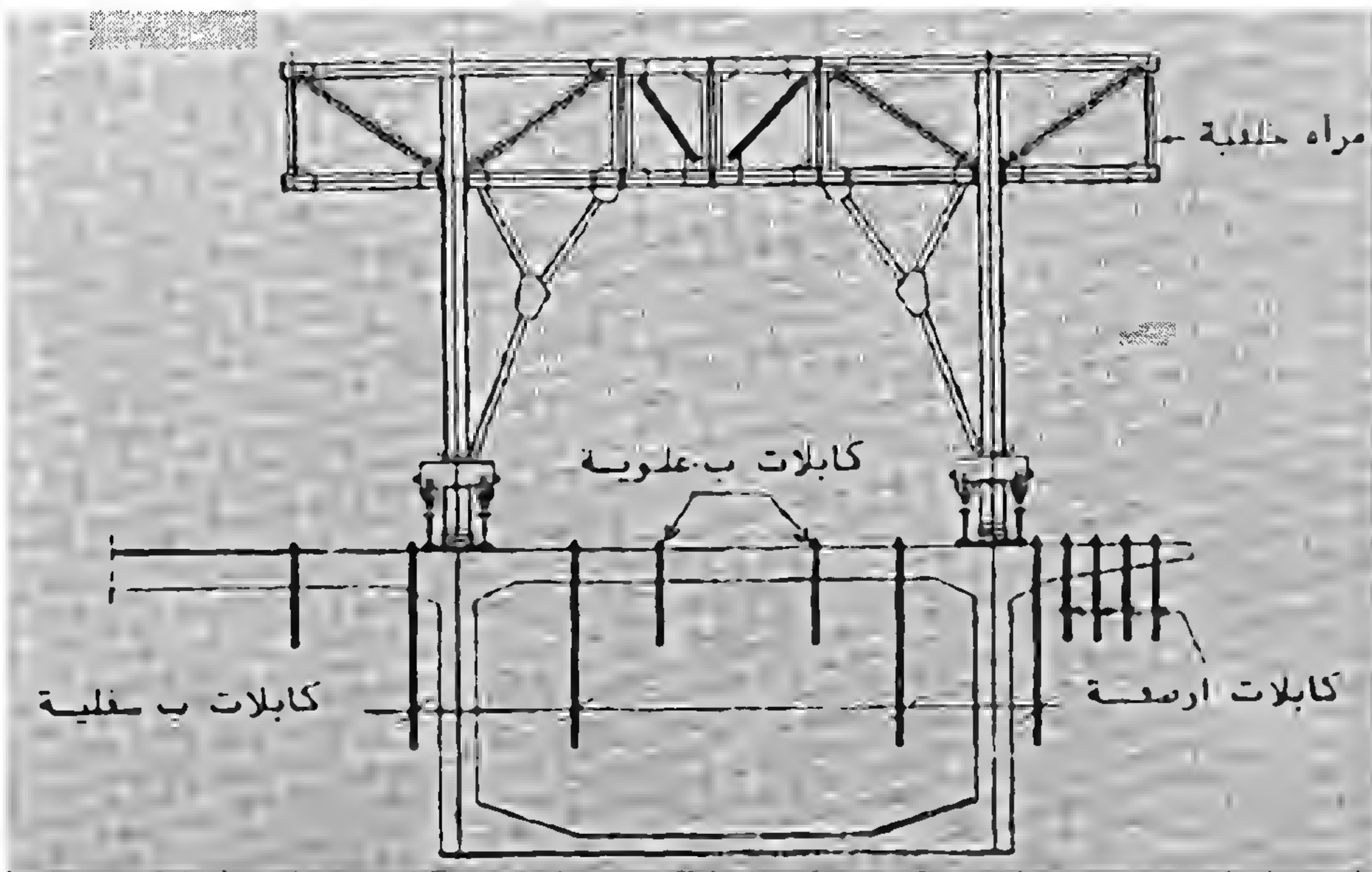
وهما قضيبان طول كل منهما ١٢ متر تحت كل جمالون رئيسي . تتحرك مجموعات العجل الأمامي والخلفي علي هذه القضبان أثناء سير العربة الي الأمام . وهما مثبتان علي علفات خشبية علي جانبي كل من الكمرات الطولية للكوبري .



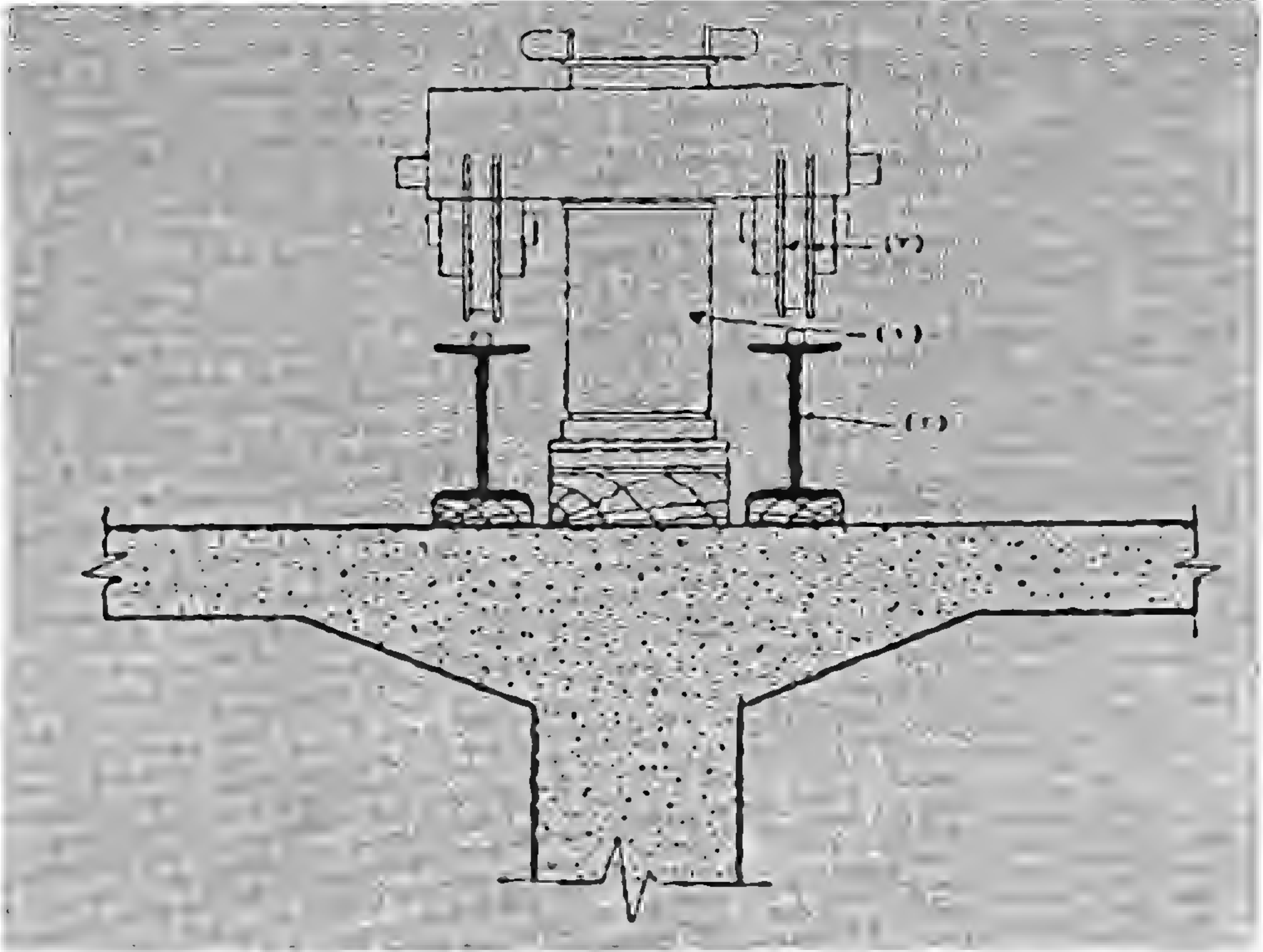
شكل (١) العربة المتحركة



شكل (٢) المرآة الأمامية - Front Transverse Girder

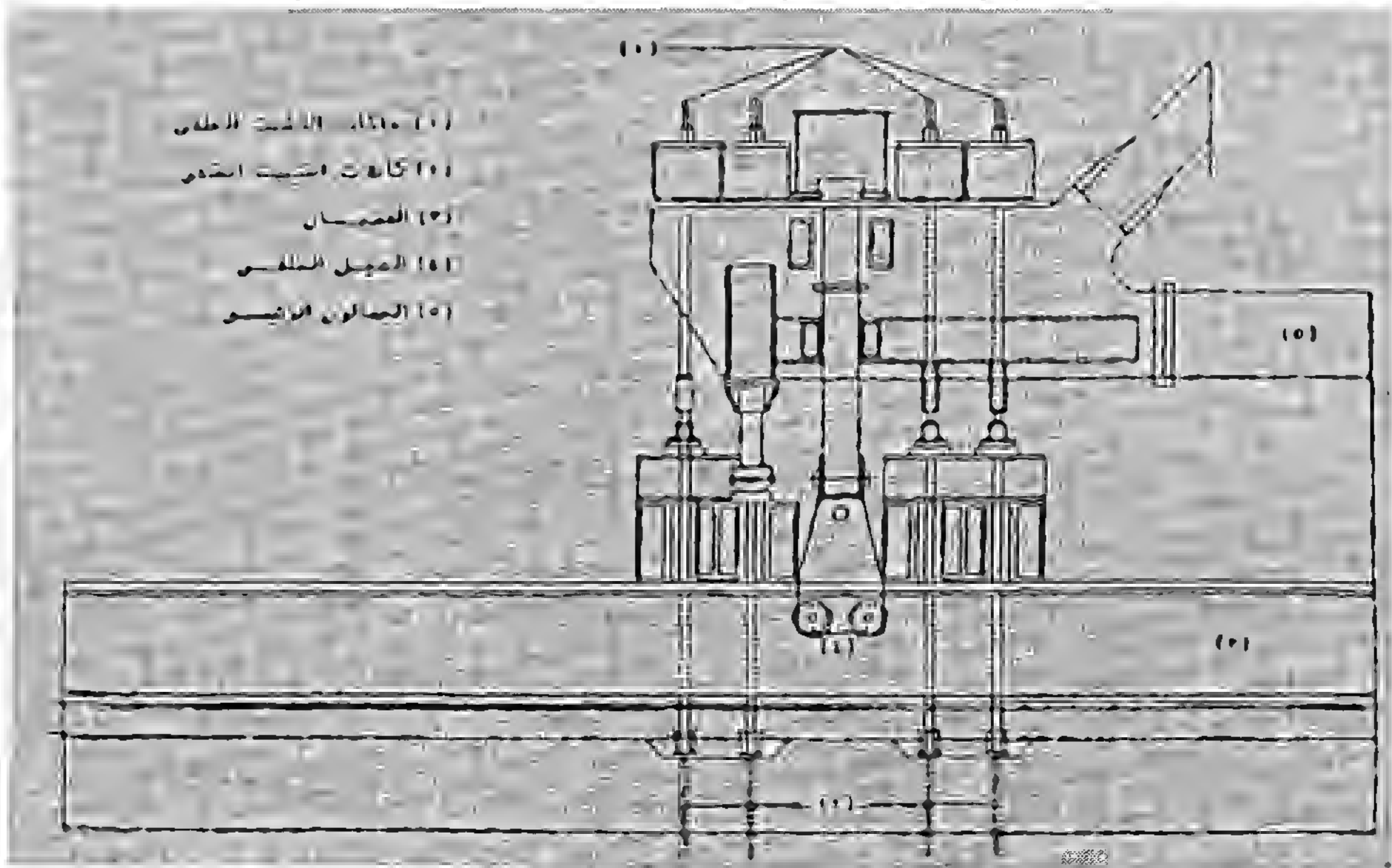


شكل (٣) المرآة الخلفية - Rear Transverse Girder



(١) كوريك ٢٠٠ طن (٢) الفضبان (٣) العجل الأمامي

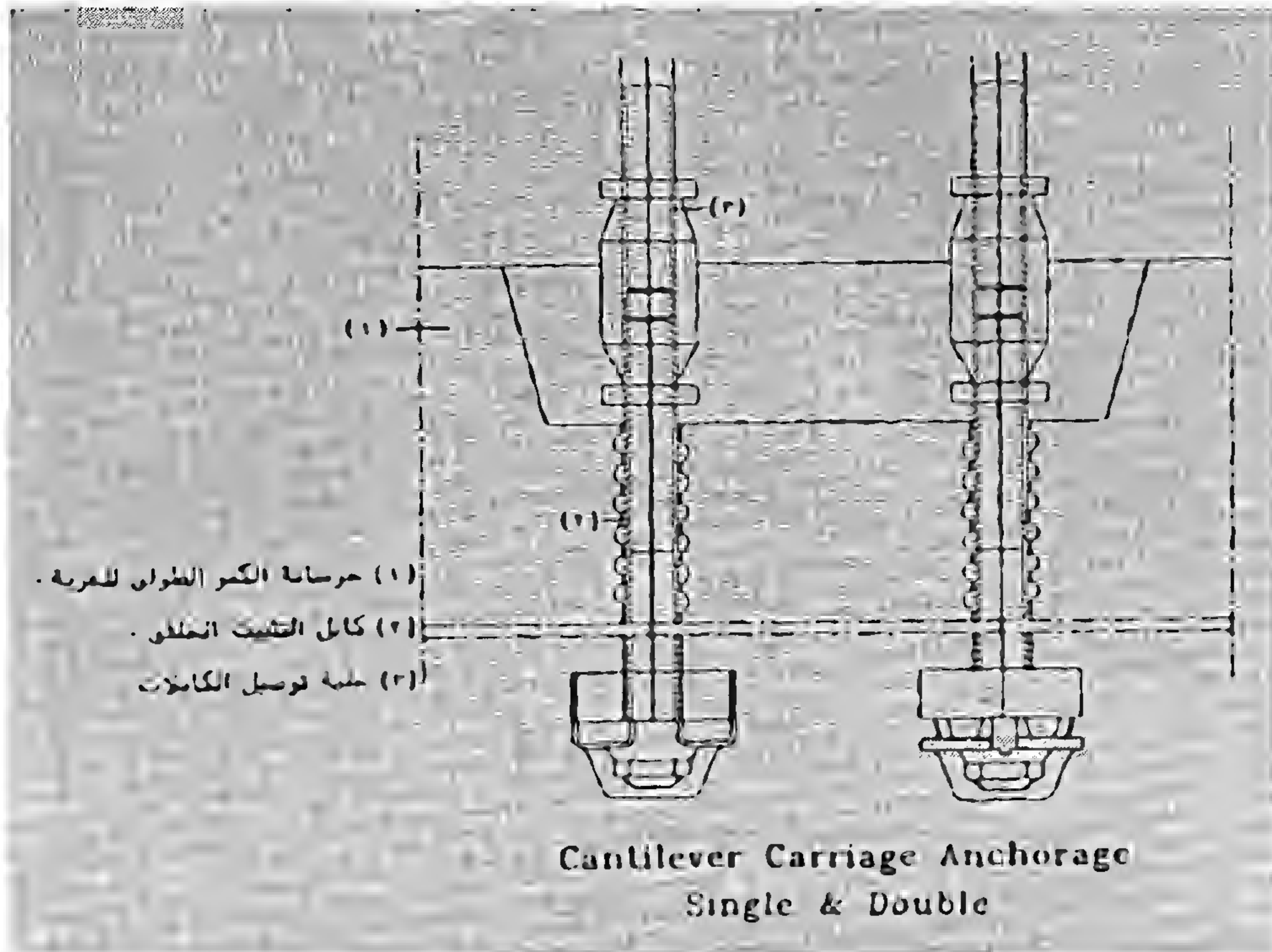
شكل (٤) الكوريك (بين عجلات الجمالون الرئيسي)



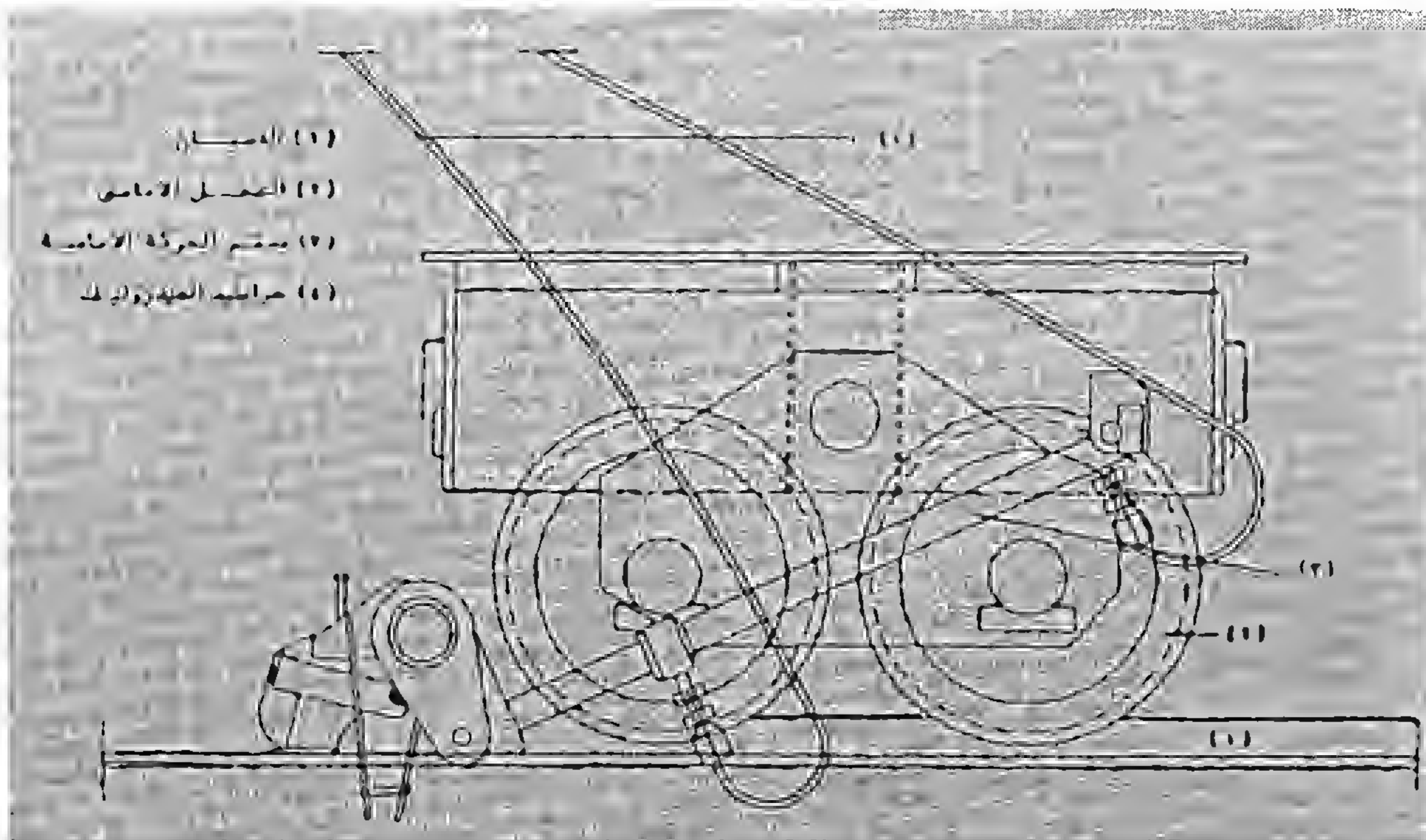
(١) كواريك التثبيت الخلفي . (٢) كابلات التثبيت الخلفي . (٣) الفضبان .

(٤) العجل الخلفي . (٥) الجمالون الرئيسي

شكل (٥) العجل الخلفي



شكل (٦) التثبيت الخلفي للعرية المنحرفة



شكل (٧) تفاصيل العجلات الأمامية

الشدات الخرسانية المسلحة لقطاع الكوبري :

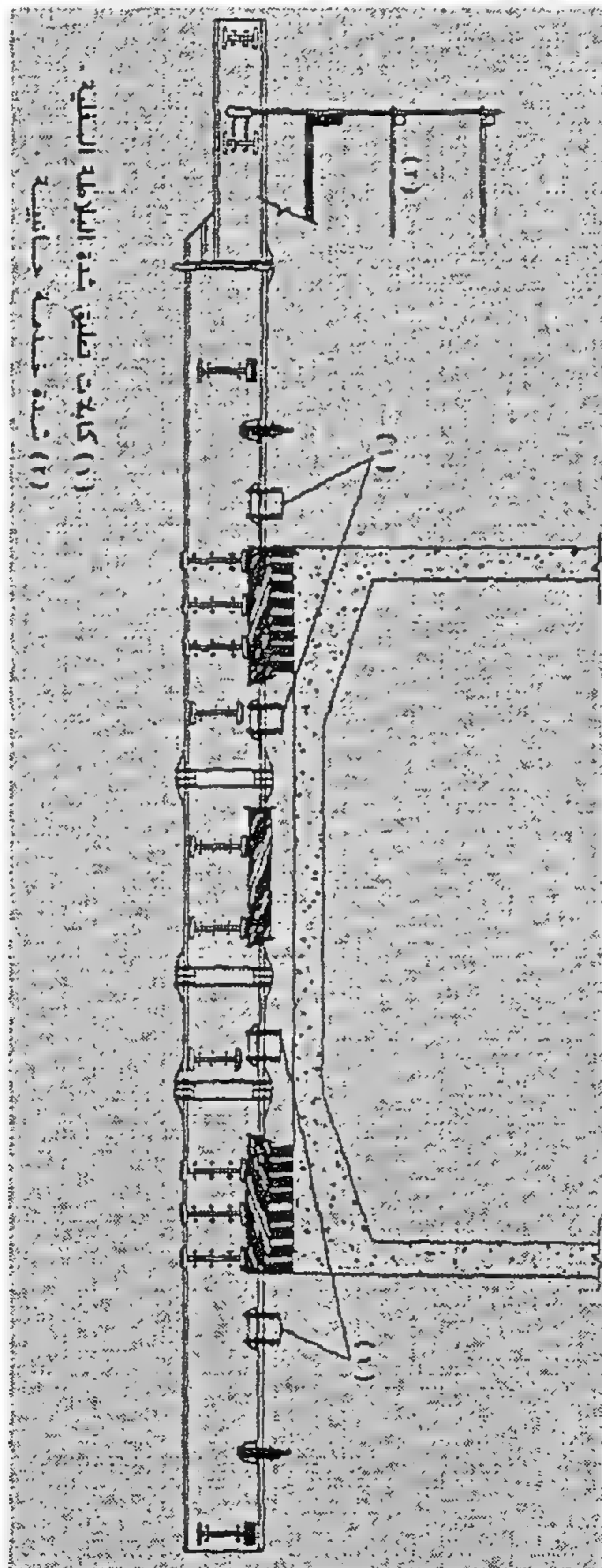
تتكون الشدات لمساحة من :

- ١ - الشدات للبلاطة السفلية من القطاع الصندوقي الخرساني للكوبري - شكل (٨).
- ٢ - شدات الجوانب للقطاع الخرساني للكوبري - شكل (٩) .
- ٣ - شدة البلاطة العلوية للقطاع الصندوقي للكوبري - شكل (١٠) .
- ٤ - شدة الكوابيل الخرسانية الجانية (الأرصفة) - شكل (١١) .
- ٥ - شدات الأركان : وهي مكونة من ألواح صلب مقواة بزوايا صلب مرتكزة علي كل من شدات الجوانب والبلاطة العلوية والبلاطة الكابولية . يتم تثبيت هذه الشدات من الخلف بالخرسانات .
- هذه الشدات مزيج من قطاعات من كمرات صلب مع أخشاب نجارة تكون الشدة اللازمة .

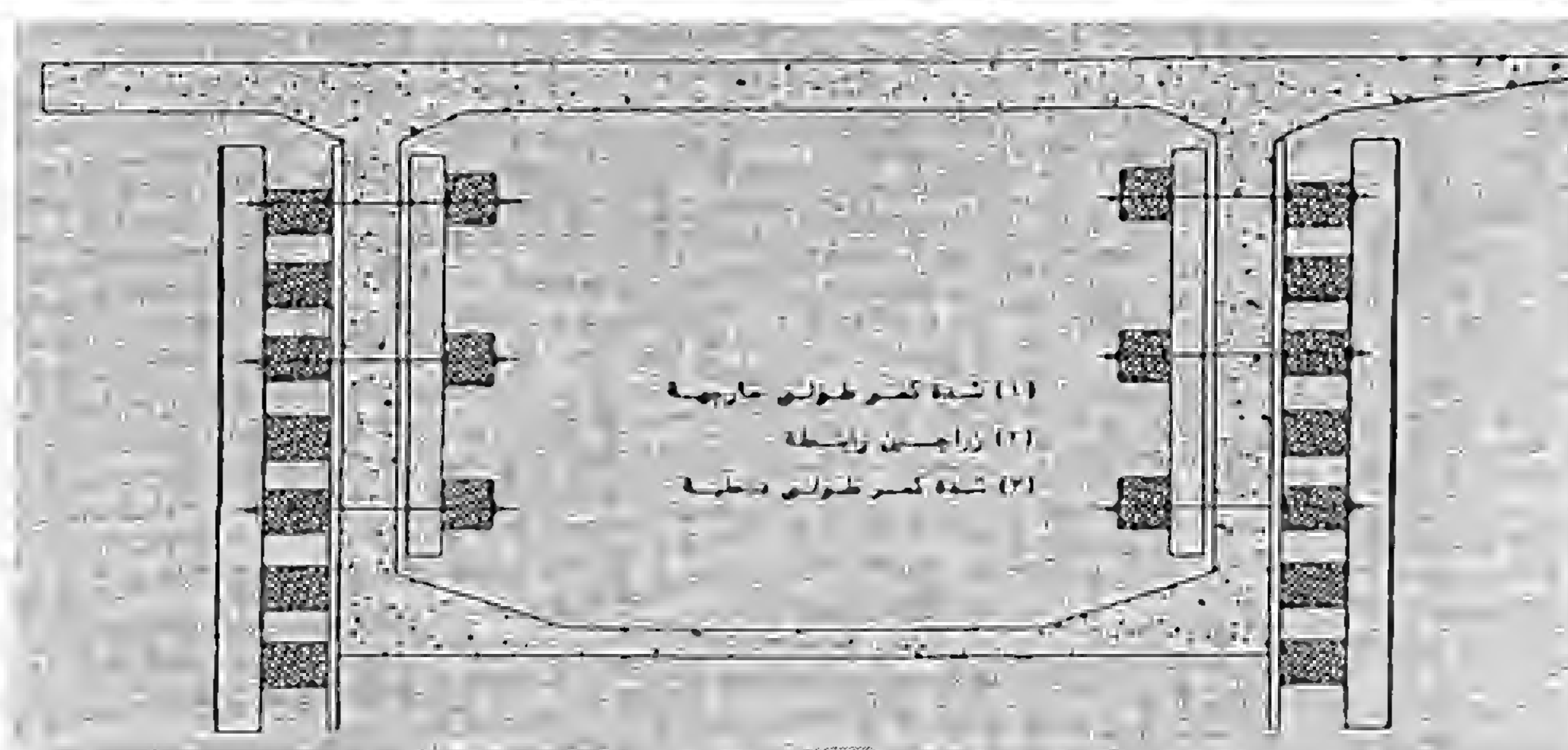
خطوات تحريك وضبط الحركة :

- بعد الانتهاء من تركيب العربات علي جانبي الجذع Stump يتم عمل الخطوات التالية :
- ١ - تحديد المحور مساحيا مع ضبط المناسب .
 - ٢ - العربة في وضع الثبات ومحملة علي الكواريك وأن عجلات العربة حرة و مرفوعة عن القضيب .
 - ٣ - يتم تحريك القضبان علي الخرسانة بواسطة أذرع الحركة هيدروليكية (مشوار الحركة = ٥٠ سم) - تكون المسافة اللازمة للحركة = ٥ أمتار ، لذلك يتم تحريك القضبان ١٠ مشلوير .
 - ٤ - يتم تشغيل الكواريك (٢٠٠ طن) الموجودة بين القضيبين بواسطة طلبات هيدروليكية خاصة - شكل (٤) .
 - ٥ - تهبط جميع الشدات السابقة وفك كابلات التثبيت بها من الشريحة السابقة الي الشريحة الجديدة .

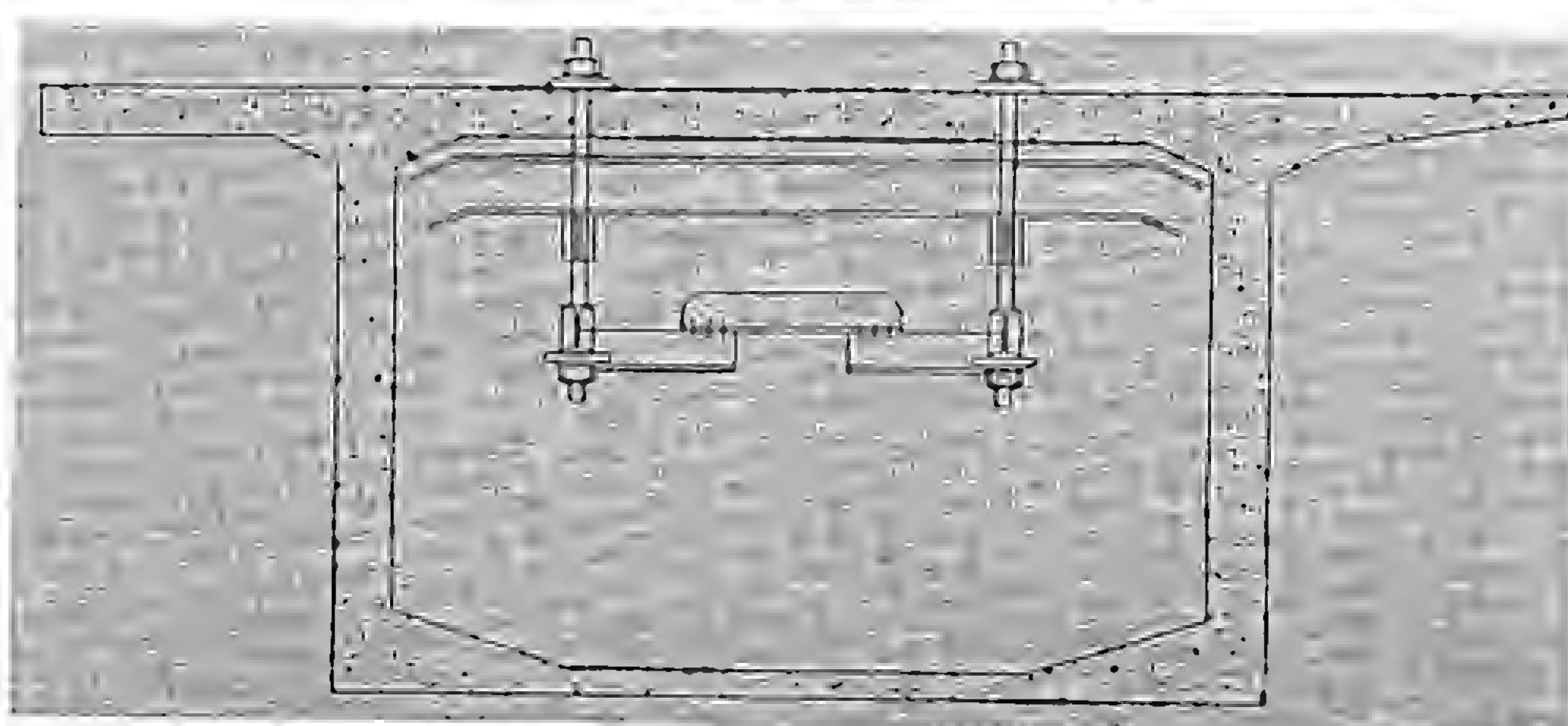
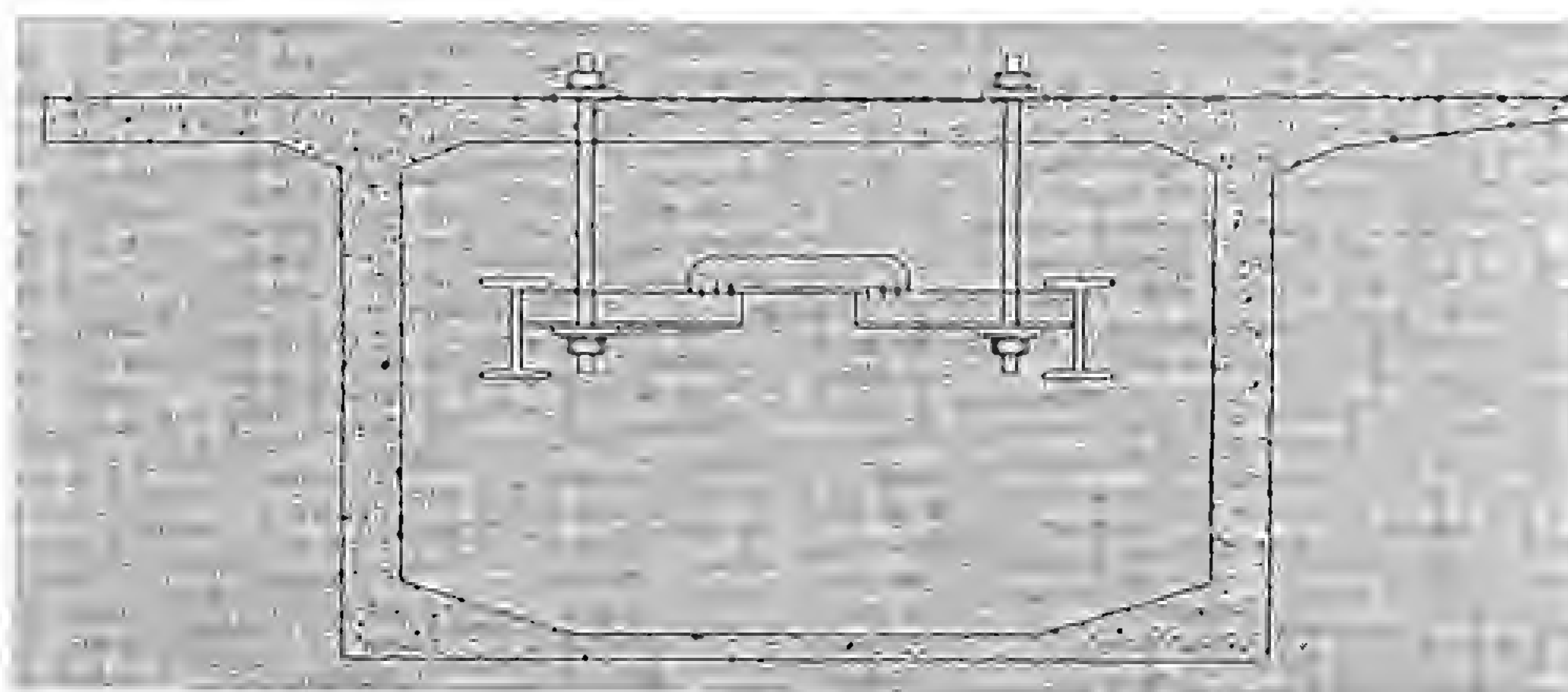
٩ - صب الخرسانات مع العناية الفائقة بصناعة الخرسانة .



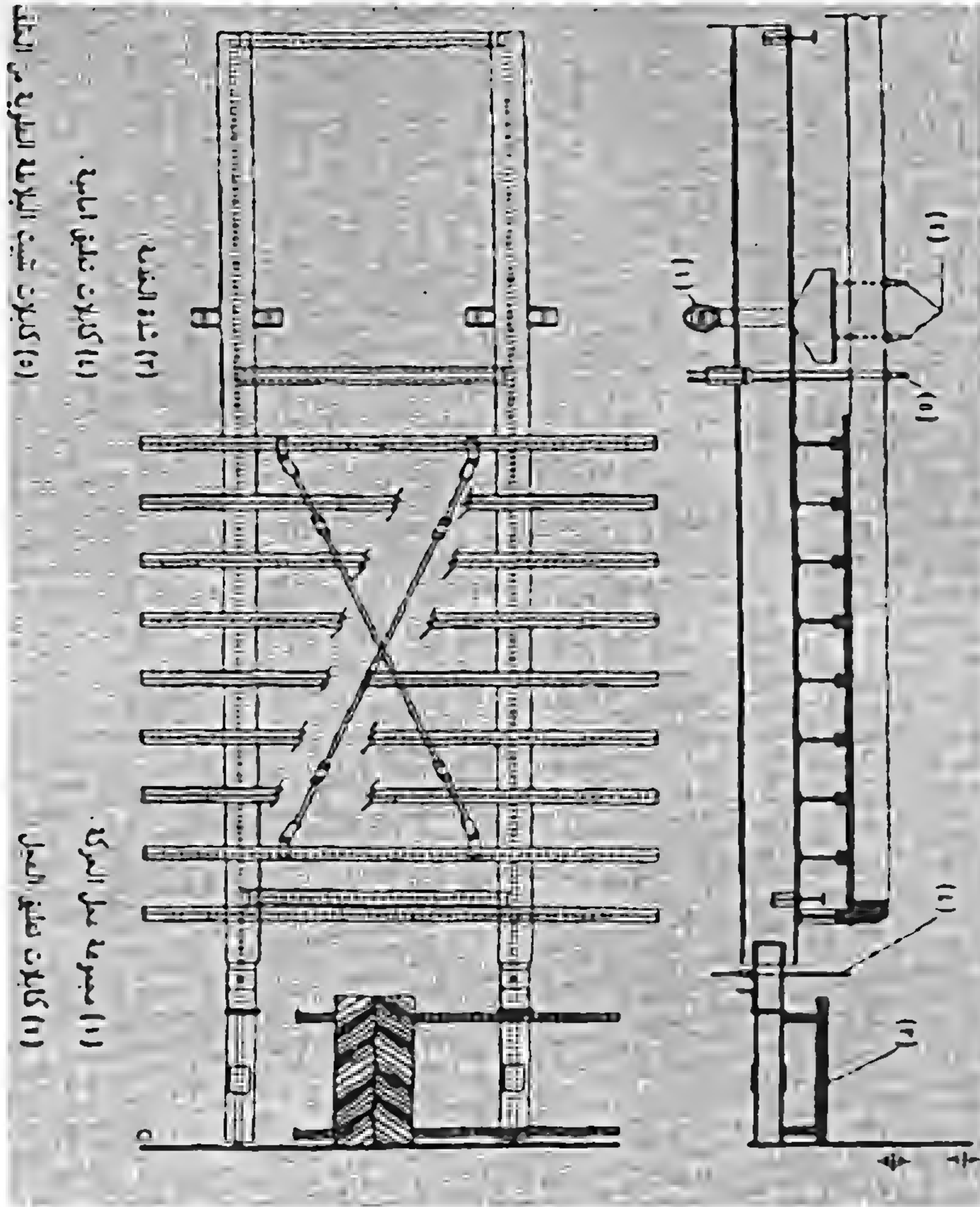
شكل (٨) تفاصيل شدة البلاطة السفلية للقطاع الخرساني



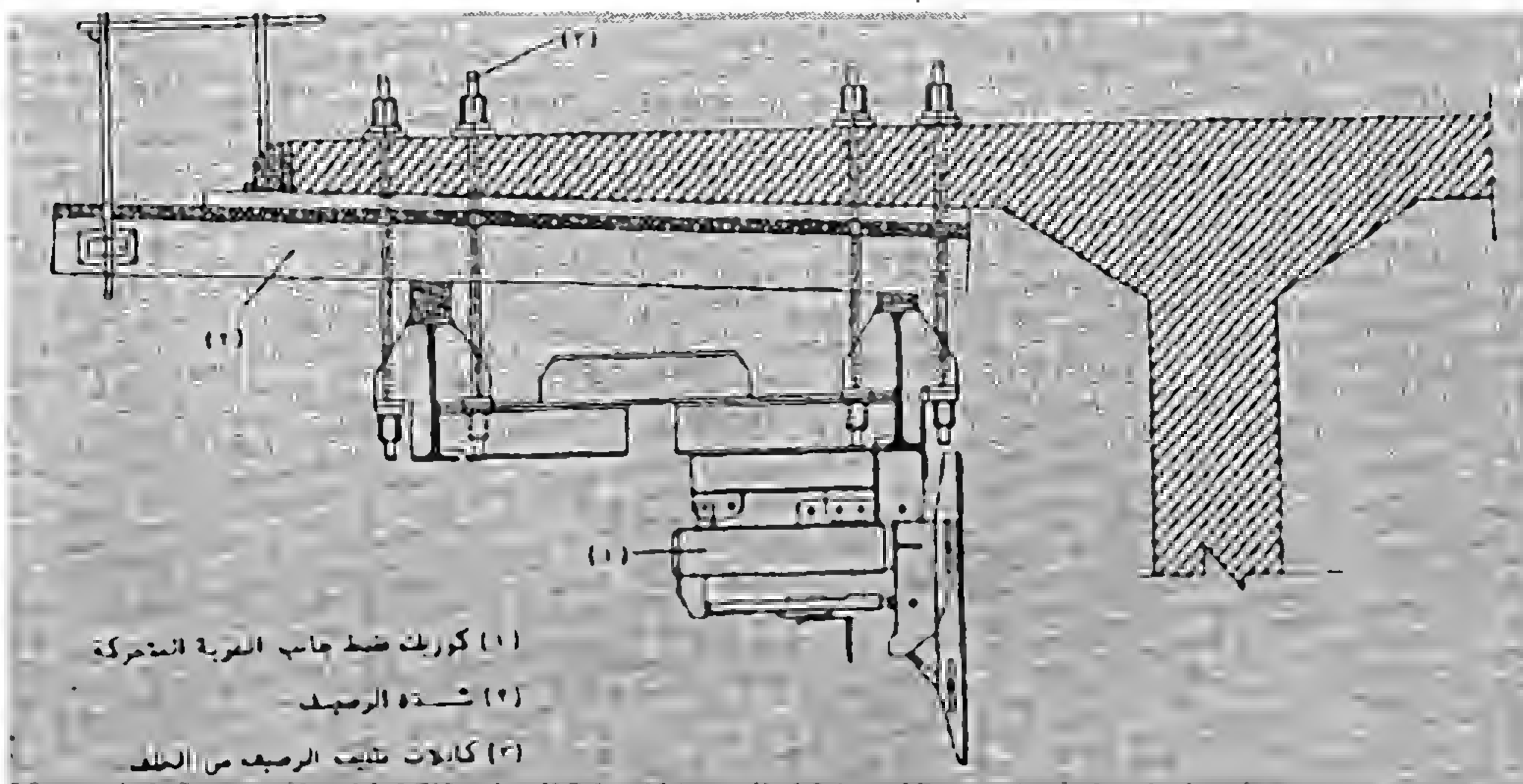
شكل (٩) شدات جواتب القطاع الخرساني للكوبرى



شكل (١٠) شدات السقف



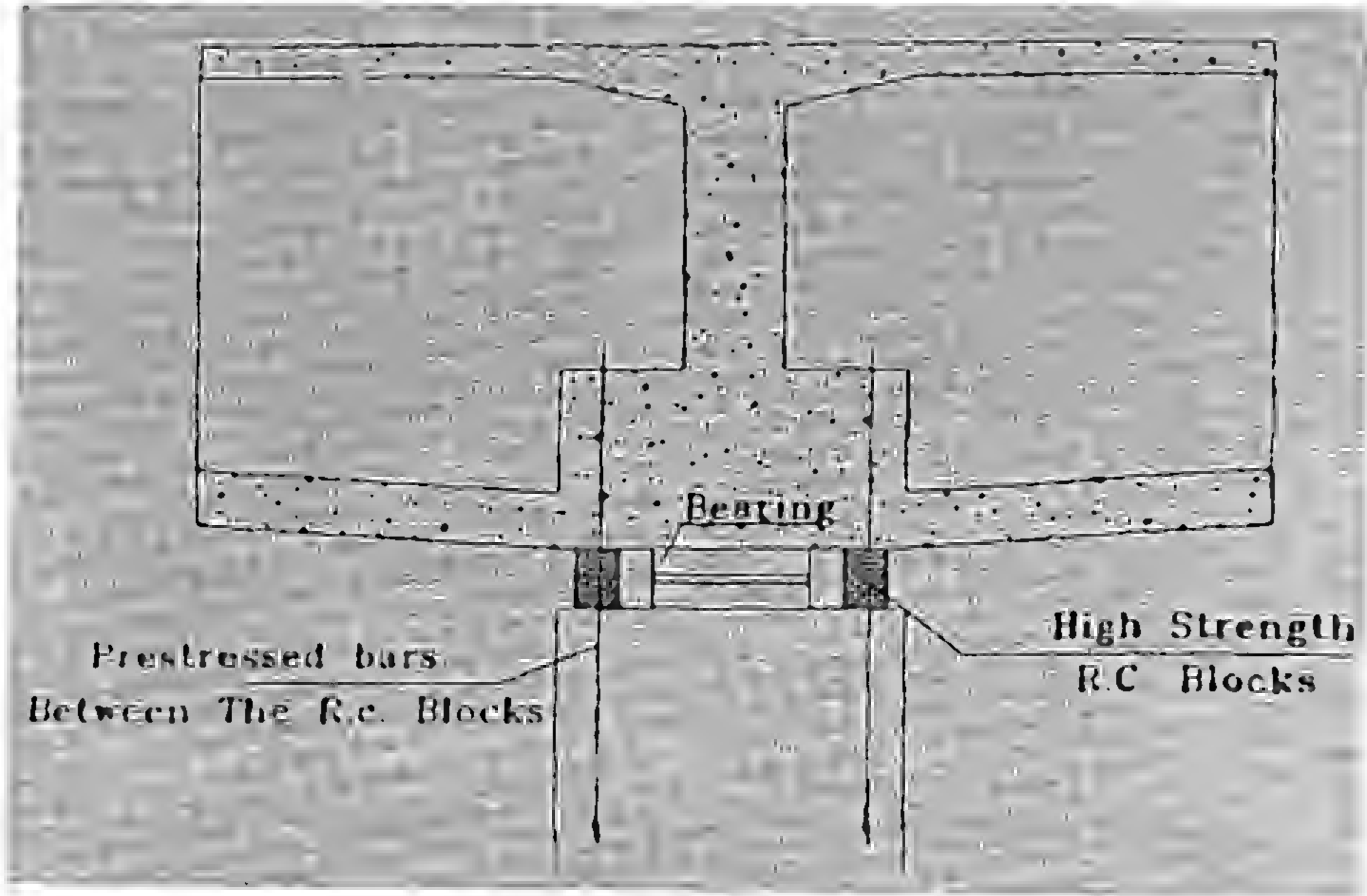
شكل (١٠) تفاصيل شدة البلاطة العلوية



شكل (١١) شدة الأرضفة

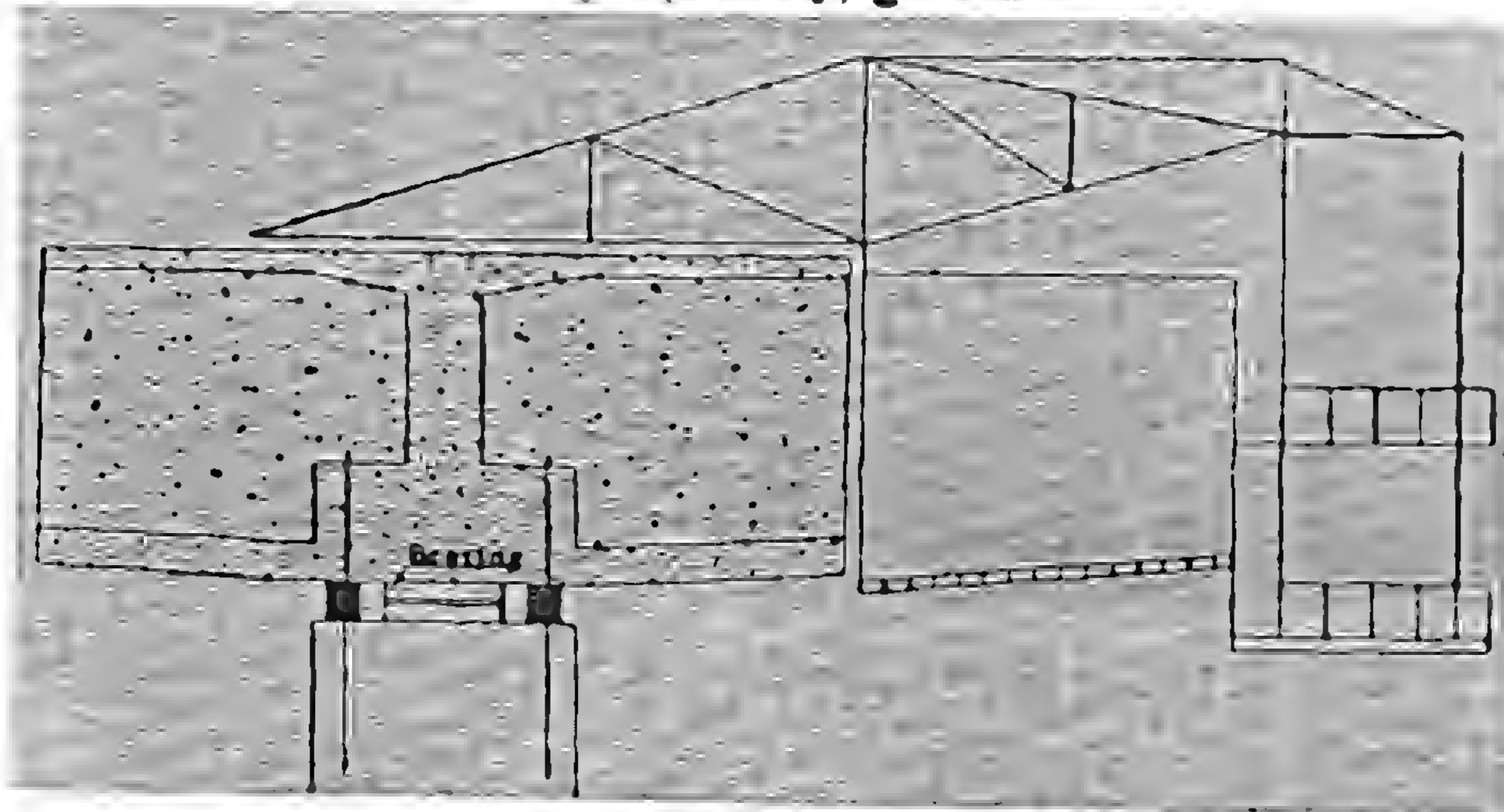
طريقة العمل :

أن النظام الإنشائي لهذا النوع من الكباري يكون بتنفيذ الجذع أولاً فوق الأرتكاز ويكون مثبتاً في الأرتكاز أما تثبيتاً مؤقتاً أو تثبيتاً دائماً . وفي الحالتين تصمم الأساسات و الأرتكاز لتحمل فروق عزوم الانحناء الناتجة عن وزن الشريحة الزائدة على جانبي الأرتكاز أثناء التنفيذ - خطوات العمل شكل (١٢).

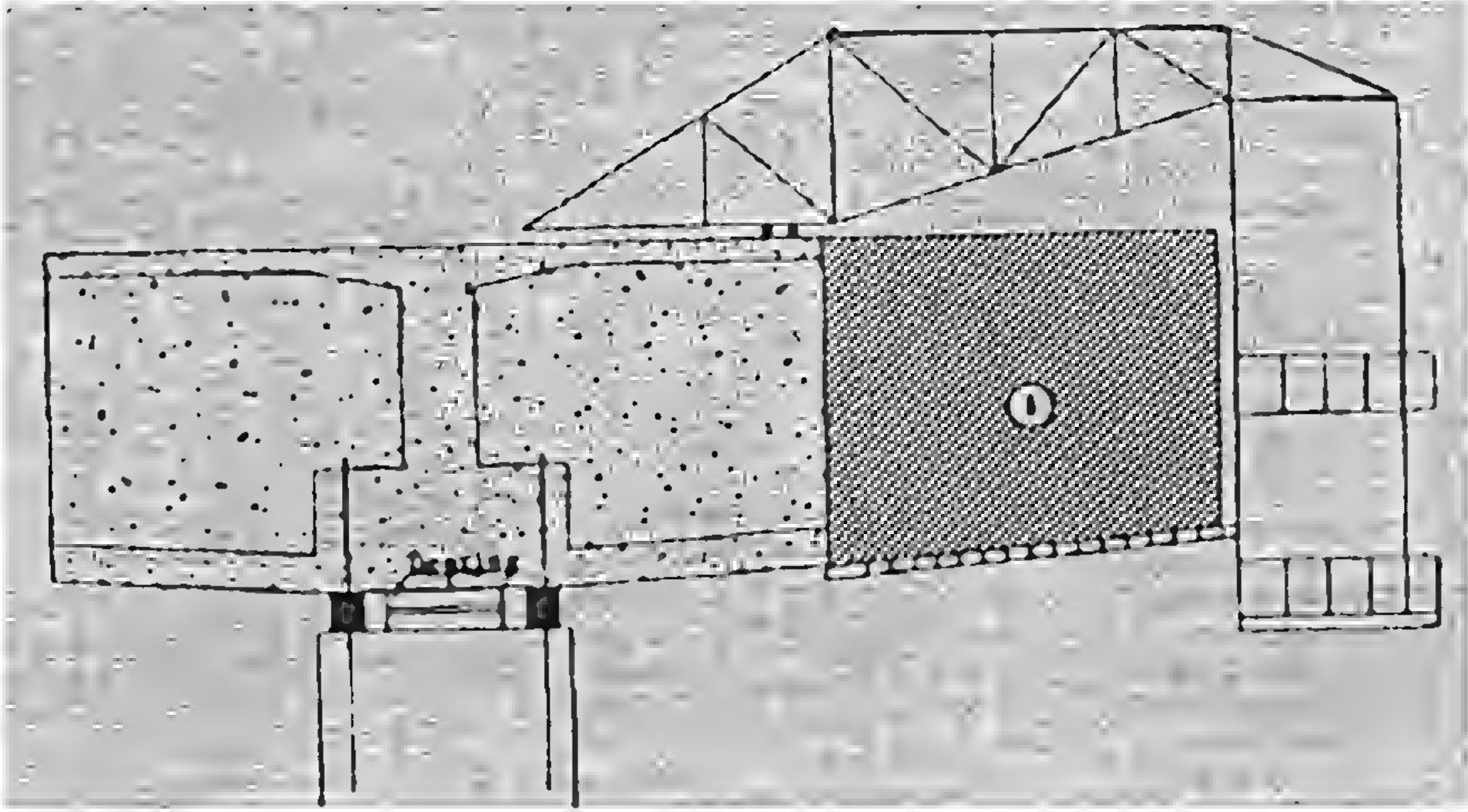


شكل (١٢)

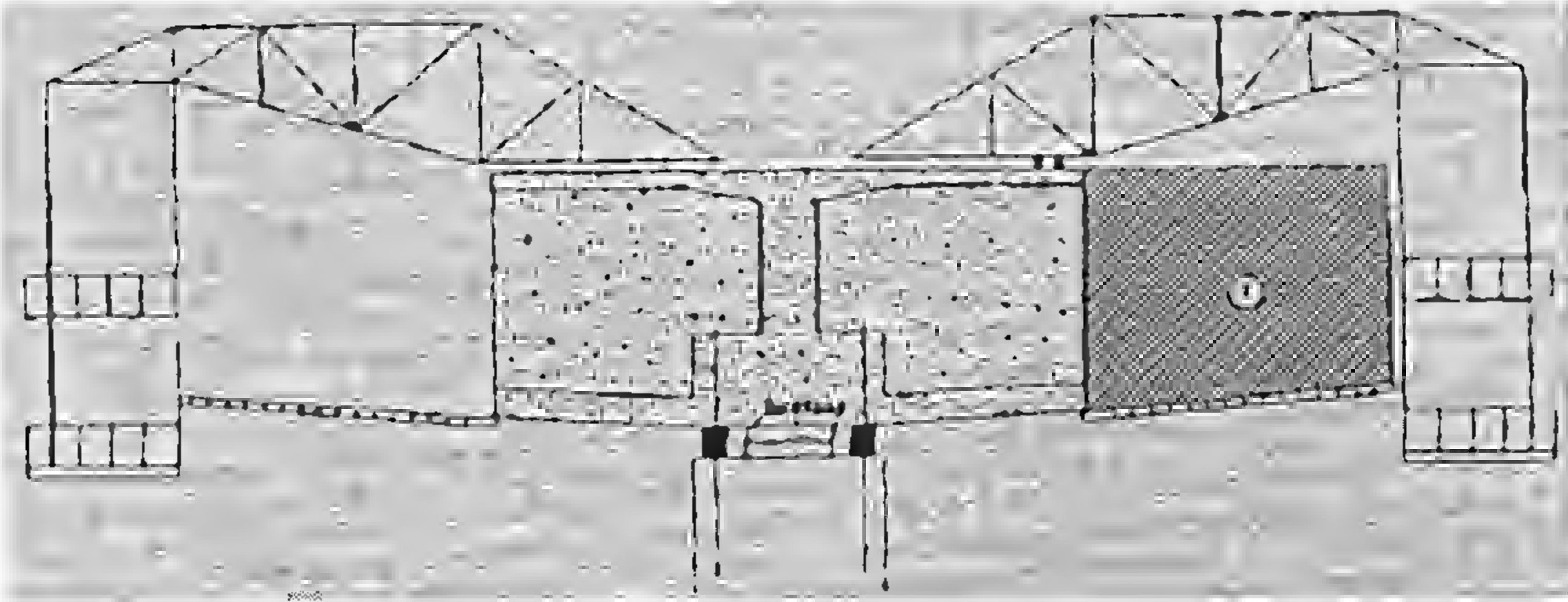
١ - تنفيذ الجذع (Stump) على شدة ثابتة



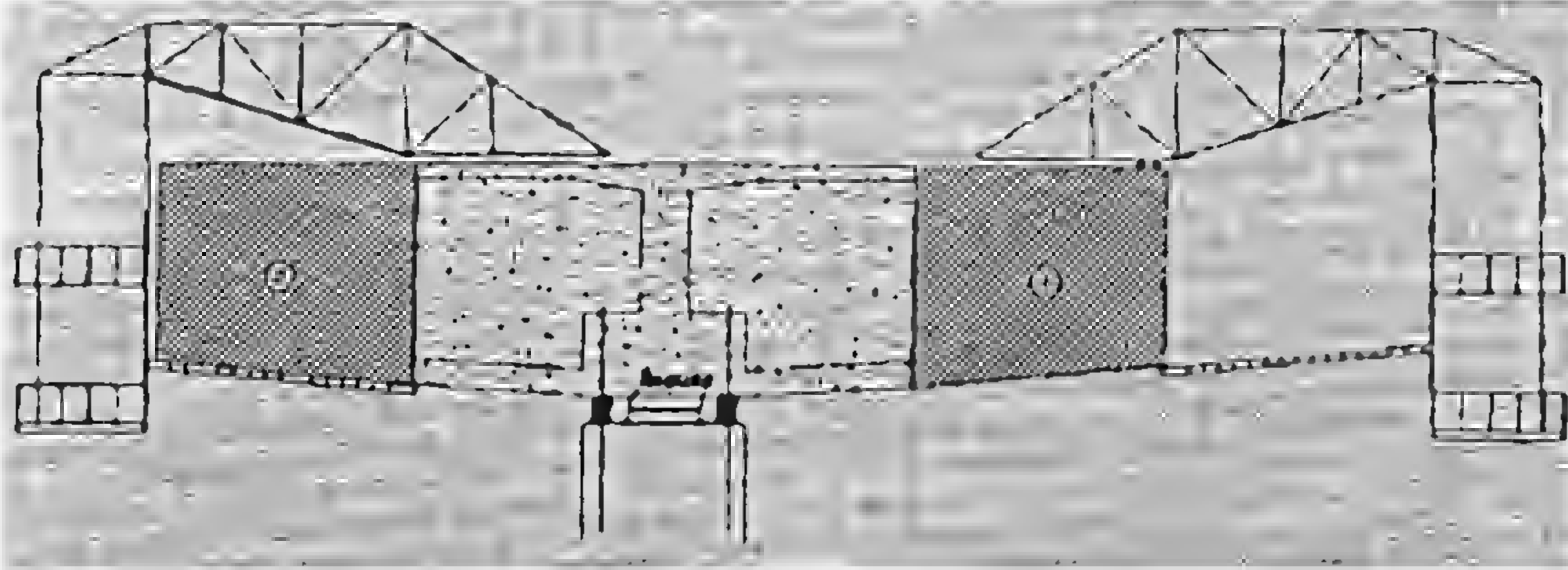
٢ - تركيب العربة الكابولية الأولى



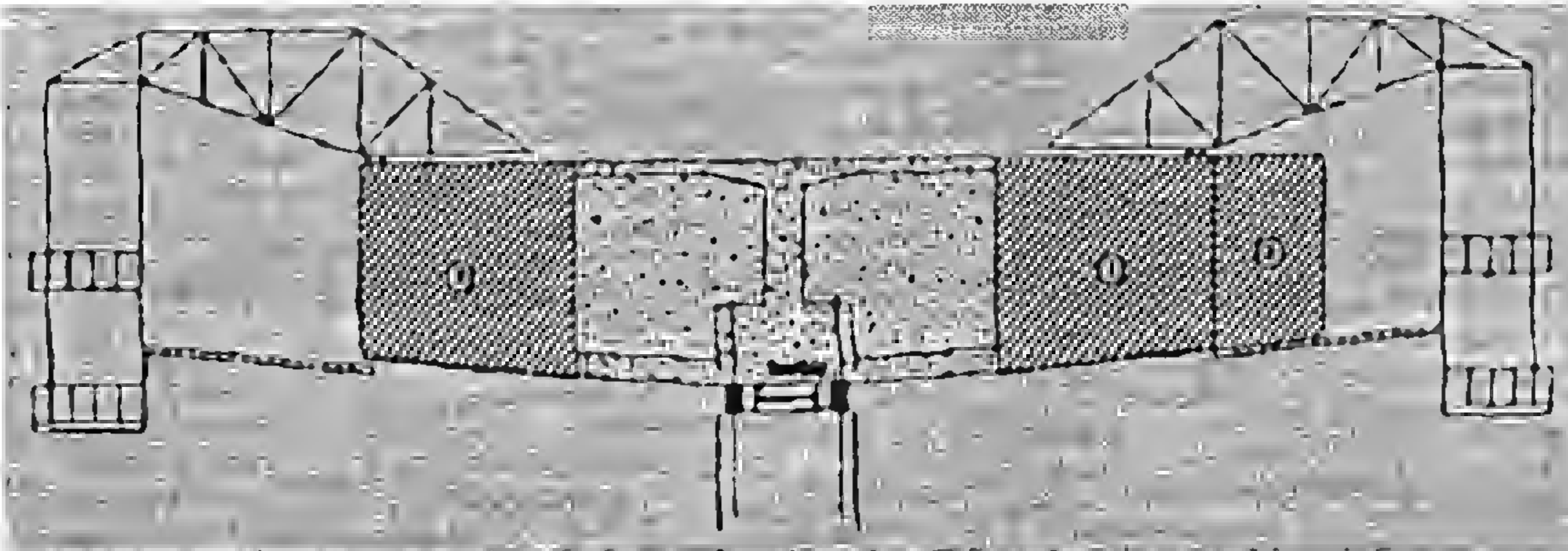
٣ - صب الشريحة الأولى



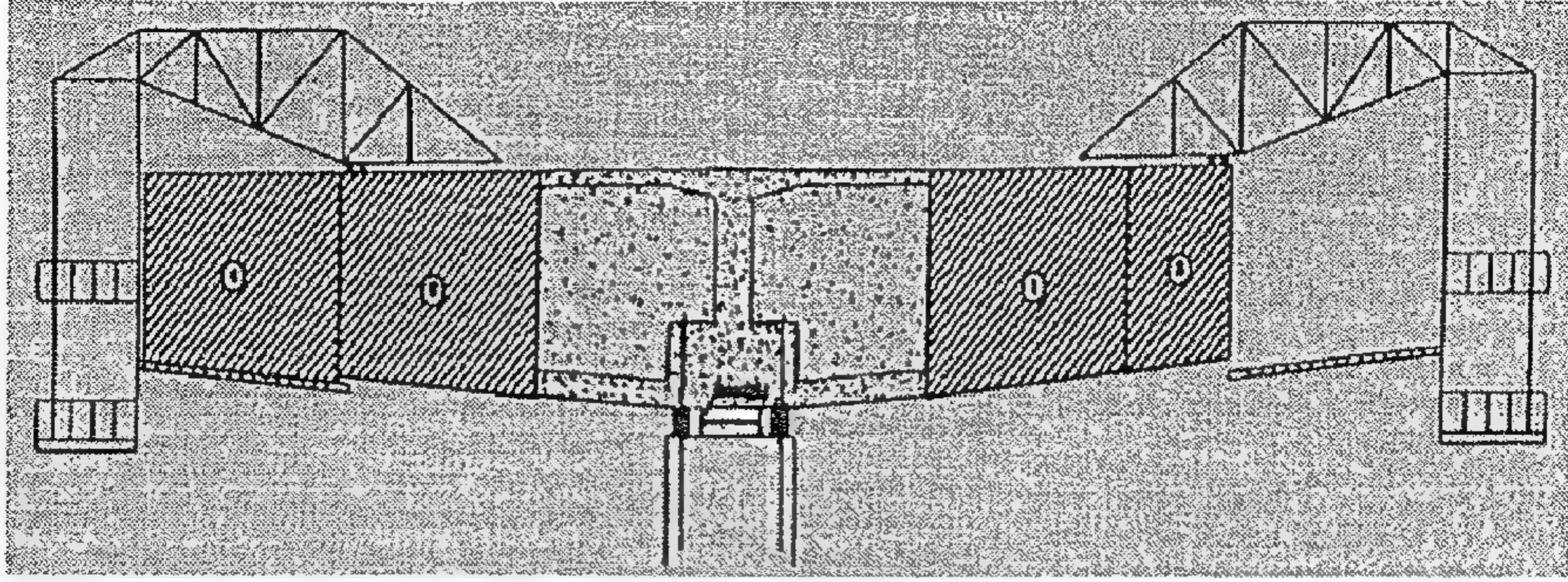
٤ - صب الشريحة الأولى - تركيب العربة الثانية ثم شد الشريحة الثانية



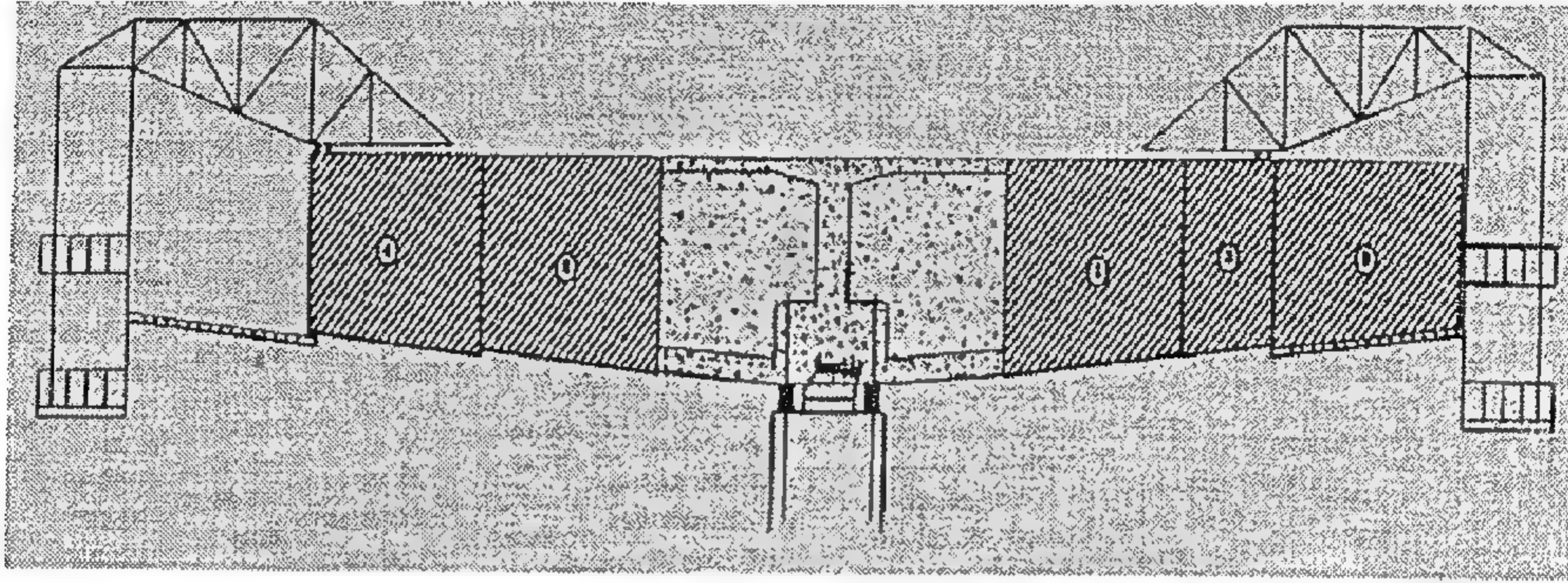
٥ - صب الشريحة رقم ٢ - شد كابلات الشريحة رقم ١



٦ - صب الشريحة رقم ٣ - شد الكابلات في الشريحة رقم ٢ - تحريك العربة للشريحة رقم ٤



٧ - صب الشريحة رقم ٤ - شد الكابلات في الشريحة رقم ٣ - تحريك العربة الى الشريحة رقم ٥



٨ - صب الشريحة رقم ٥ شد الكابلات في الشريحة رقم ٤ - تحريك العربة الى الشريحة رقم ٦

شكل (١٢) خطوات تنفيذ العربة المتحركة

ملاحظة :

- ١ - عند وصول الشرائح الخرسانية لباكيات الكوبري المتقابلة ، تبقى شريحة واحدة لاتصال باكيات الكوبري (الشريحة الرابطة) ، تنفذ كما يلي :
تزال أحدي العربات من أي باكية بينما تزال شدة التشغيل من العربة الأخرى ، تتحرك العربة لتوصل جزئي الكوبري . إذا تبين وجود فروق في المناسيب ، يضبط المنسوب إما بواسطة روافع هيدروليكية بشد الجزء المرتفع الي أسفل أو شد الجزء المنخفض الي أعلى بوضع كتل خرسانية بأوزان محسوبة وفي أماكن تصميمية محسوبة ليتساوي الطرفين معا أو بواسطة الطريقتين معا .

- ٢ - عدم شد الكابلات سابقة الأجهاد ألا بعد وصول الخرسانة الي المقاومة التصميمية .

- ٣ - يتم رصد المناسيب عند الحد الخارجي للشريحة مي كل من المراحل التالية :

الباب الثامن عشر : طرق إنشاء الكباري

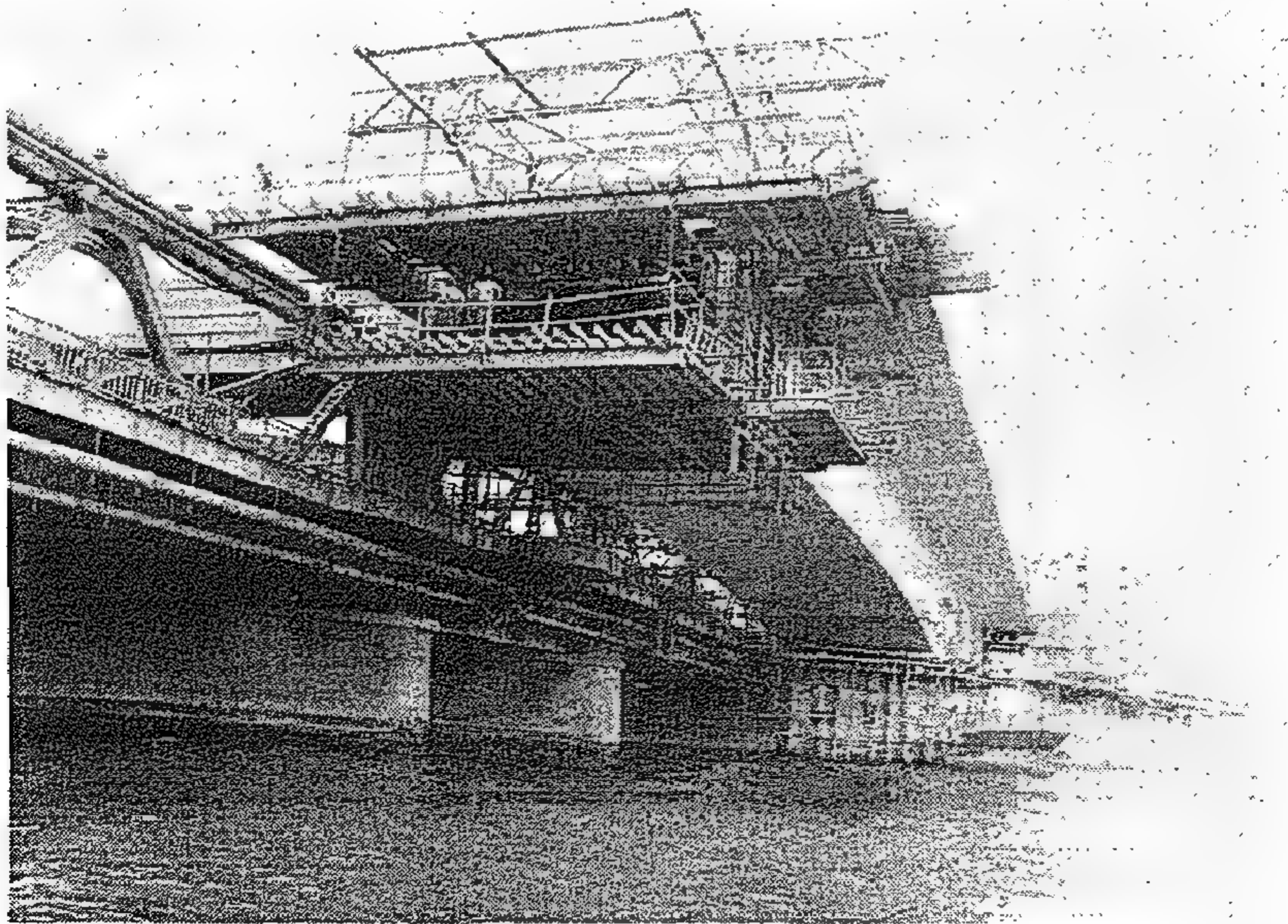
- قبل صب الخرسانة مباشرة .
- بعد تصلد الخرسانة .
- بعد شد الكابلات

مع موافاة المكتب الاستشاري بهذه المناسيب أولا بأول لأدخال أي تعديلات أثناء تنفيذ الشرائح التالية .

معدلات التنفيذ :

تحريك العربة مع ضبط المناسيب	يوم واحد .
رص حديد التسليح وضبط مواقع الكابلات	يومان .
صب الخرسانات	يوم واحد .
معالجة الخرسانة - تحريك العربة للشريحة المقابلة	ثلاثة أيام .
شد الكابلات السابقة للأجهاد	يوم واحد .
قياس المناسيب وصب الشريحة المقابلة	يوم واحد .

يكون معدل التنفيذ في هذه الحالة = ١ متر طولي من الكوبري يوميا تقريبا .



شكل (١٢) أحد الكباري علي نهر النيل - كوبري أبو العلا (منفذ بطريقة العربات المتحركة والي جواره الكوبري المعدني القديم)

ثانيا : نظام دفع الهيكل العلوي Deck pushing system .

تنفذ الأساسات كاملة ثم الأعمدة الحاملة للكوبري .

مراحل التنفيذ :

أولا : المرحلة الأولى :

أعداد منطقة التصنيع .

تركيب الشدات لبابية واحدة .

تسليح البلاطة السفلية- عمل الشدات والفرم اللازمة للقطاع الخرساني-الصب .

تسليح البلاطة العلوية- عمل الشدات والفرم اللازمة للقطاع الخرساني-الصب

تهبيط الشدة .

شد الكابلات سابقة الأجهاد للقطاع بالكامل .

ثانيا : المرحلة الثانية :

سحب القطاع رقم ١ & ٢ .

٢ - تخصص منطقة لتصنيع وصب باكيات الكوبري وتكون عند بداية الكوبري .

بعد صب القطاع وشد الكابلات السابقة للأجهاد ، يتم تخفيض الشدة بواسطة

الكواريك الهيدروليكية الموجودة علي جوانب الشدة - شكل (١١) . يكون

القطاع مرتكزا علي ألواح خشبية متحركة علي شحم فوق ألواح خشبية مثبتة

علي كمرتين من الخرسانة .

٣ - يبدأ دفع الكوبري علي الأرتكازات الصلب المغطاة بألواح التفلون سمك ١٣

مم و الشحم لتسهيل الدفع وتقليل الاحتكاك و تقليل القوة الأفقية علي الأعمدة

وذلك بواسطة كواريك الدفع الرئيسية - شكل (١٢)

٤ - يقوم عدد ٢ كوريك رفع قدرة الواحد ٥٠٠ طن وأقصى رفع مسموح به

للمنشأ هو ٥ مم .

٥ - عدد ٤ كوريك دفع قوة الواحد ١٠٠ طن - مسافة الدفع = ٢٥ سم للمشوار

الواحد .

٦ - تتم عملية الدفع بأن يتم رفع الكوبري ٥ مم ثم دفعه للأمام ٢٥ سم ثم يتم تخفيض كوريك الرفع ويعود الي الخلف ٢٥ سم ليبدأ الحركة من جديد . تستغرق هذه الدورة ٧٥ ثانية . يستغرق دفع ٢/١ الباكية بطول ١٢,٥ متر ساعتين فقط.

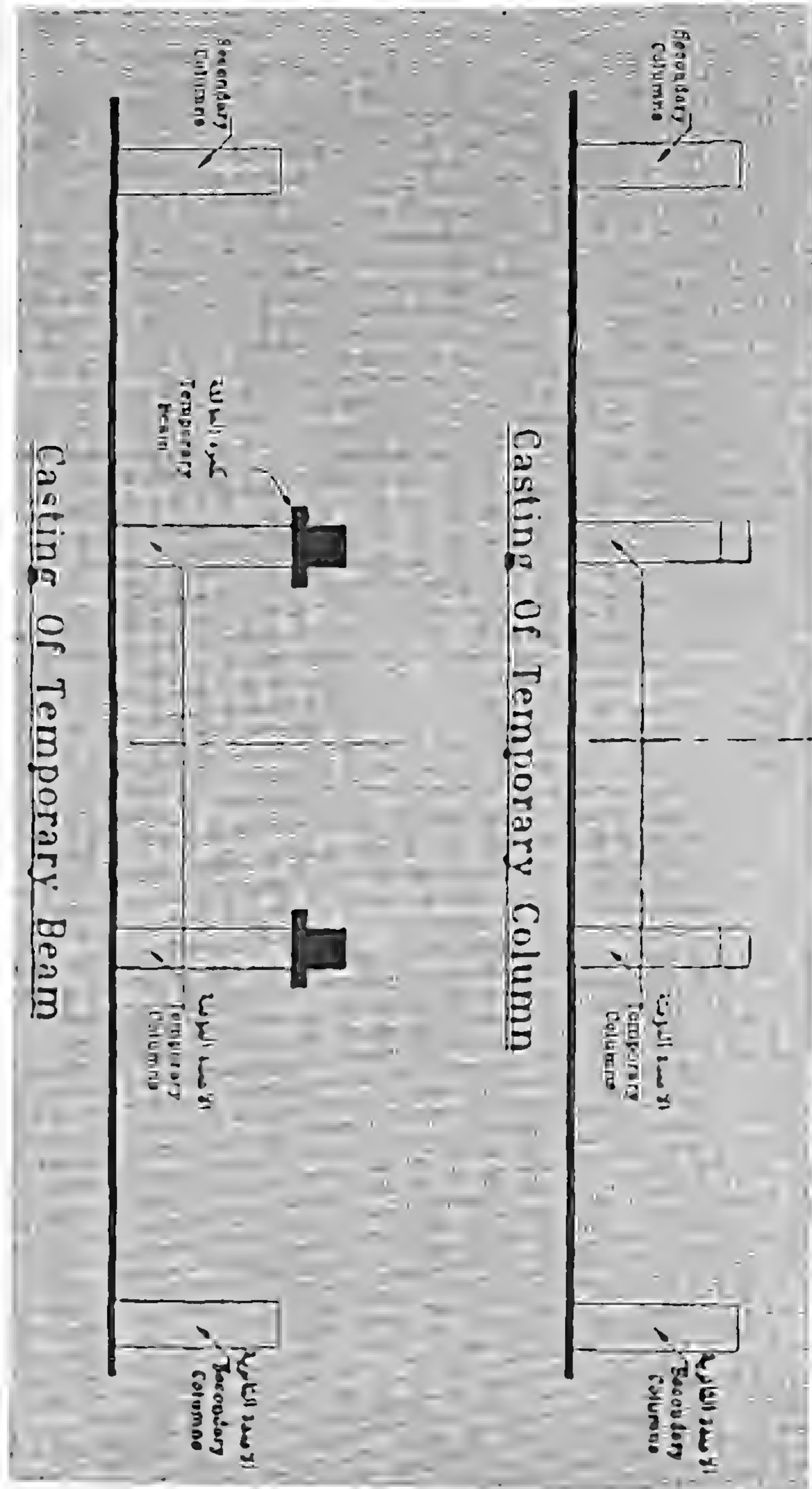
٧ - يتقدم أول الكوبري كمرة معدنية بطول ١٧ متر Steel nose والتي تساعد في تقليل طول الكابولي الخرساني للكوبري أثناء الدفع - شكل (٢٢) .

منطقة التصنيع :

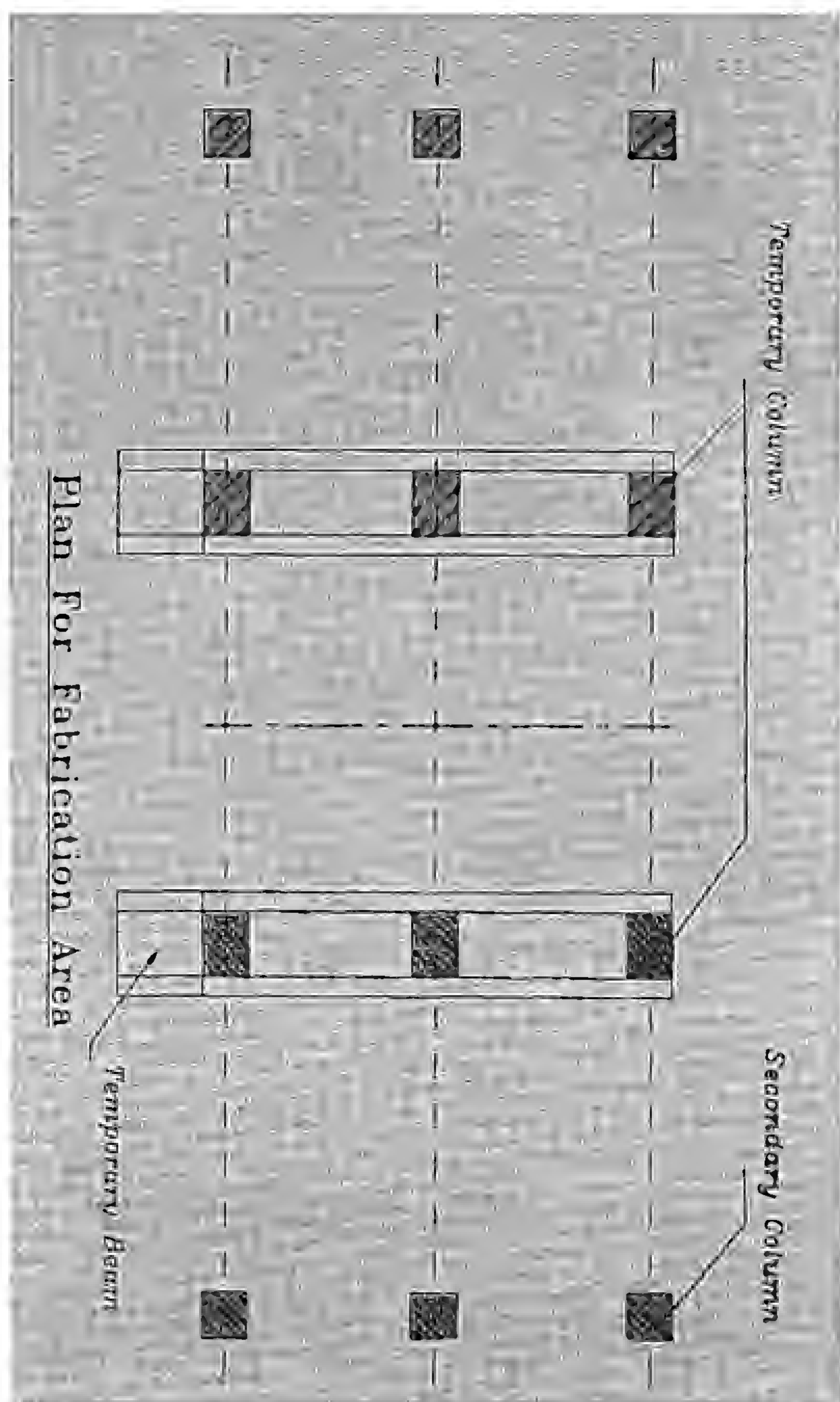
١ - صب الأعمدة المؤقتة لتحميل جسم الكوبري ، كذلك الأعمدة الثانوية لتحميل الكابولي عليها - شكل (١٣) .

٢ - صب الكمرات المؤقتة فوق الأعمدة المؤقتة - شكل (١٣) ، شكل (١٤) .

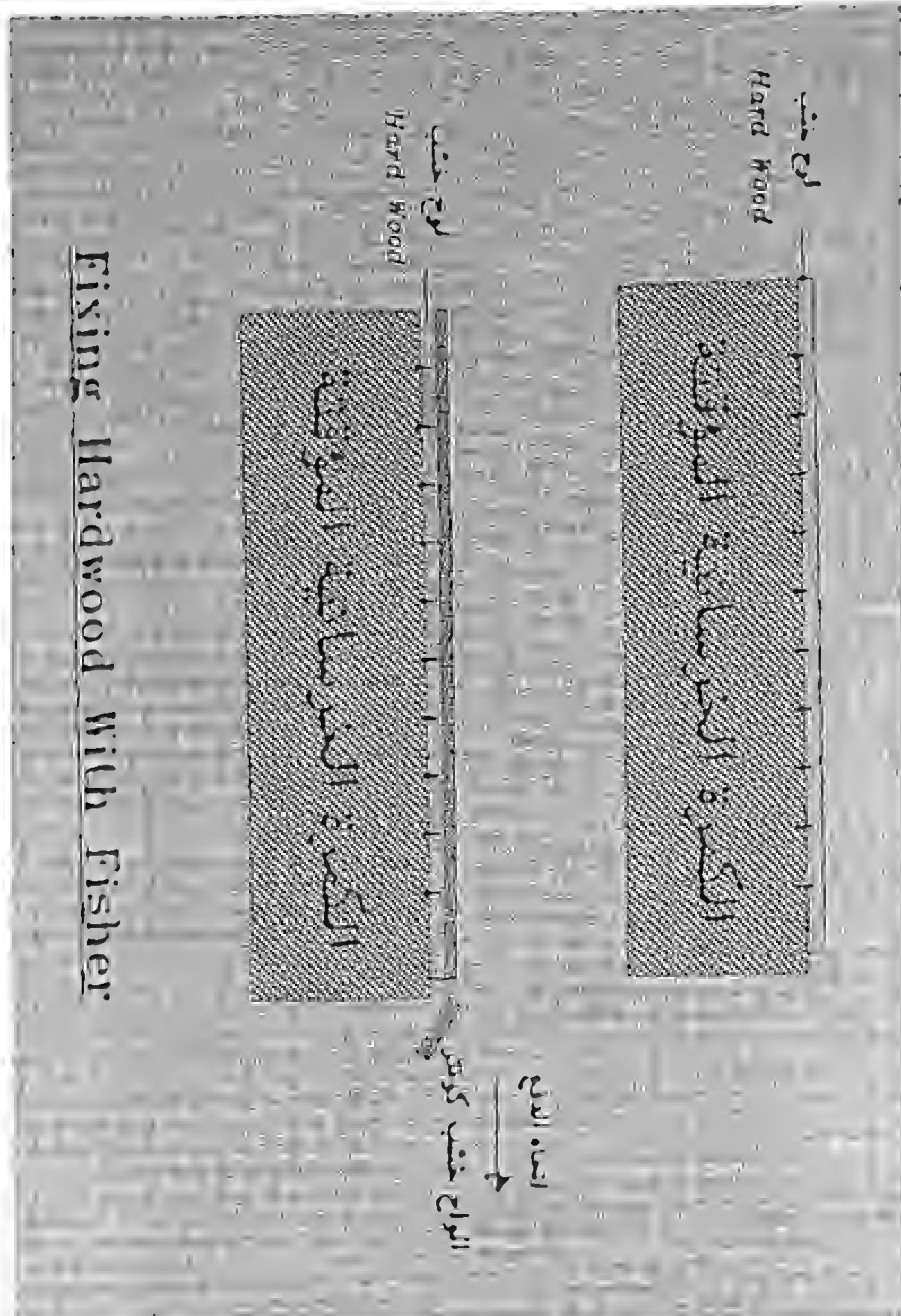
٣ - تثبيت ألواح خشبية Hard Wood بواسطة مسابير فيشر - يوضع عليها خشب الكونتر أثناء الدفع - شكل (١٥) .



شكل (١٣) إنشاء الأعمدة والكمرات المؤقتة



شكل (١٤) مسقط أفقي لمنطقة التصنيع



شكل (١٥) تثبيت ألواح خشبية Hard Wood بواسطة مسابر فيشر - يوضع عليها خشب الكونتر أثناء الدفع

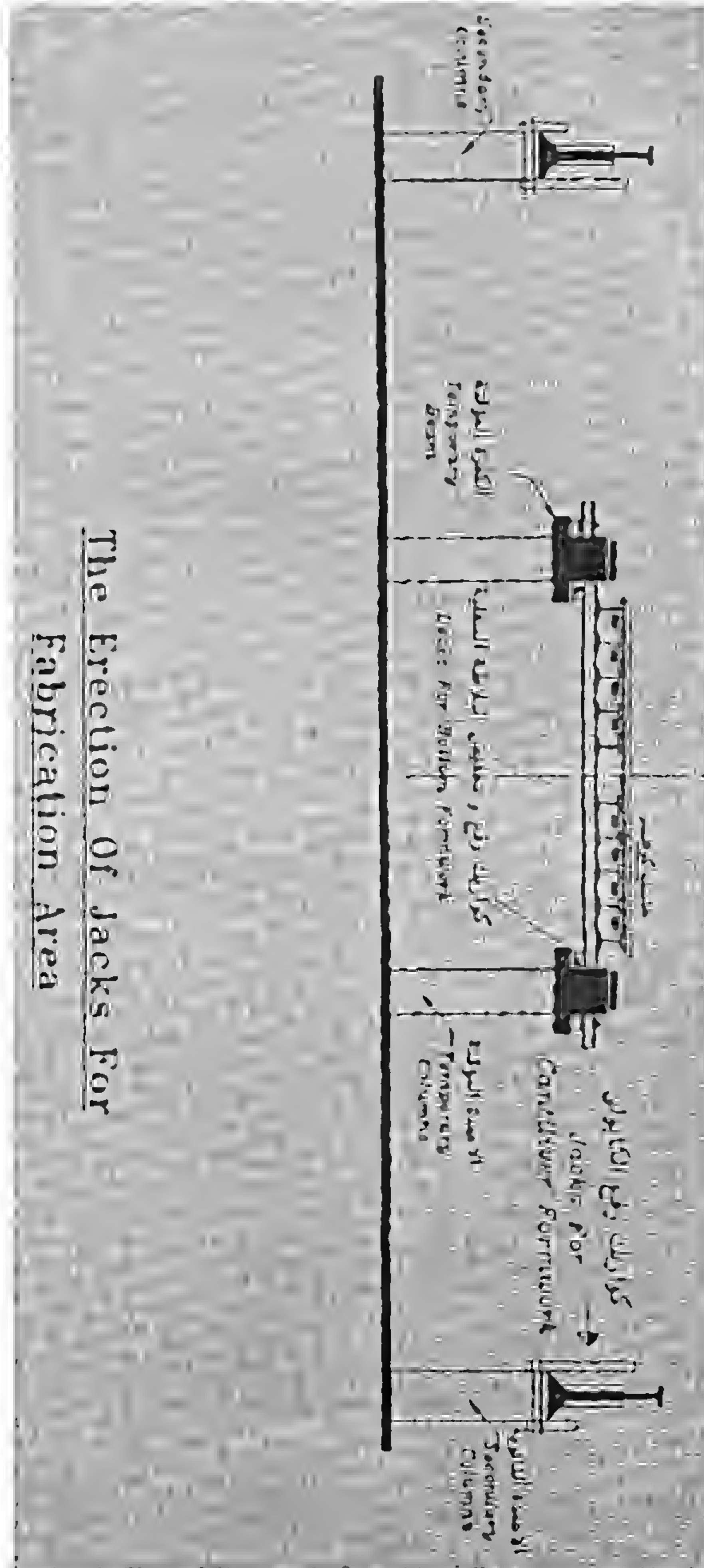
تركيب الشدات :

١ - تركيب شدة البلاطة السفلية :

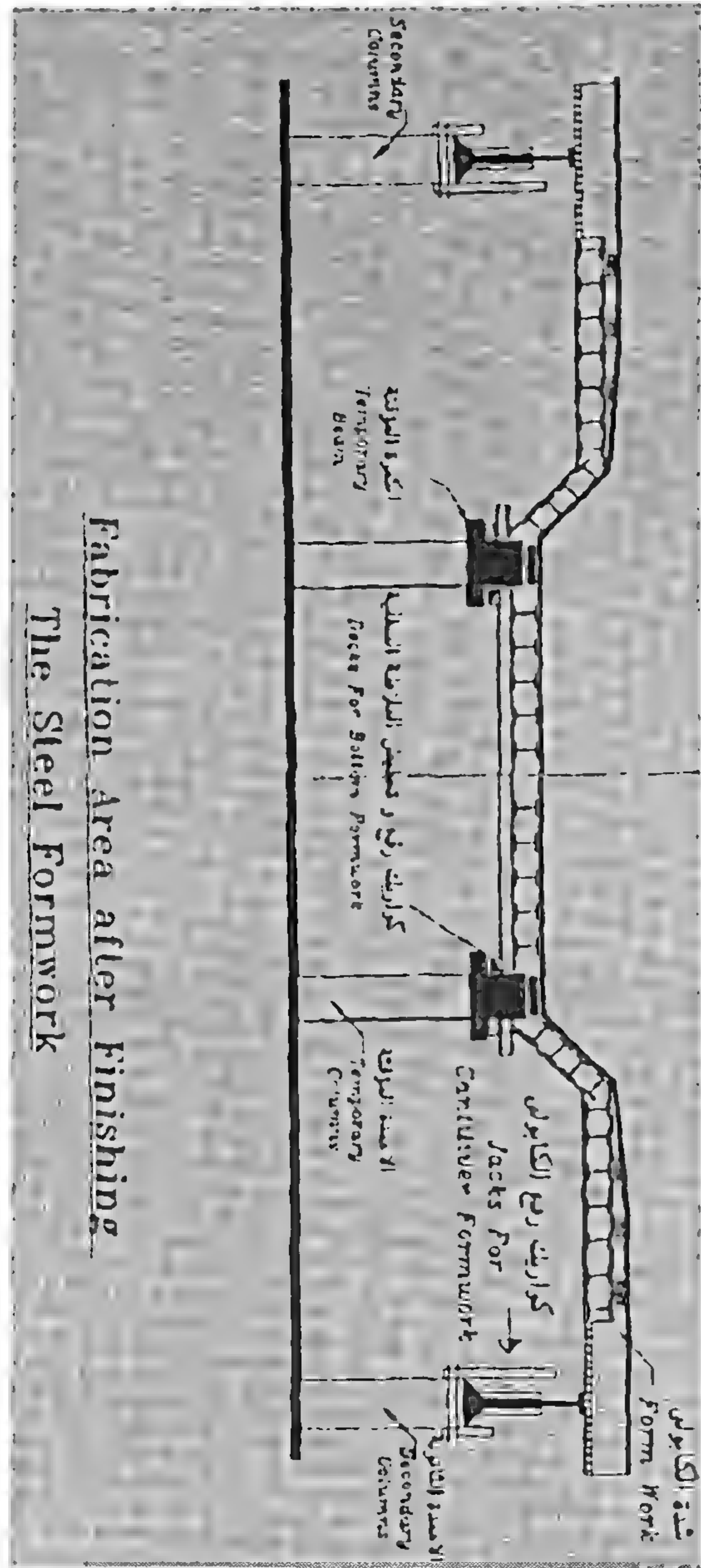
تركب الشدة السفلية للجزء الأوسط ، وهي عبارة عن شدة حديدية مرتكزة علي كواريك هيدرليكية بغرض رفع الشدة أو تخفيضها . كما يتم تثبيت قطاعات خشبية فوق الشدة الحديدية ثم توضع ألواح الكونتر عليها - شكل (١٦) .

٢ - شدة الجانب الخارجي والكابولي :

يتم تركيب كواريك أخرى فوق الأعمدة الثانوية مع تثبيت الكمرات الحديدية فوق الكمرات المؤقتة ومن الناحية الأخرى فوق الأعمدة الثانوية و تستكمل الشدة بوضع الأخشاب والكونتر - شكل (١٧) .



شكل (١٦) شدة البلاطة السفلية



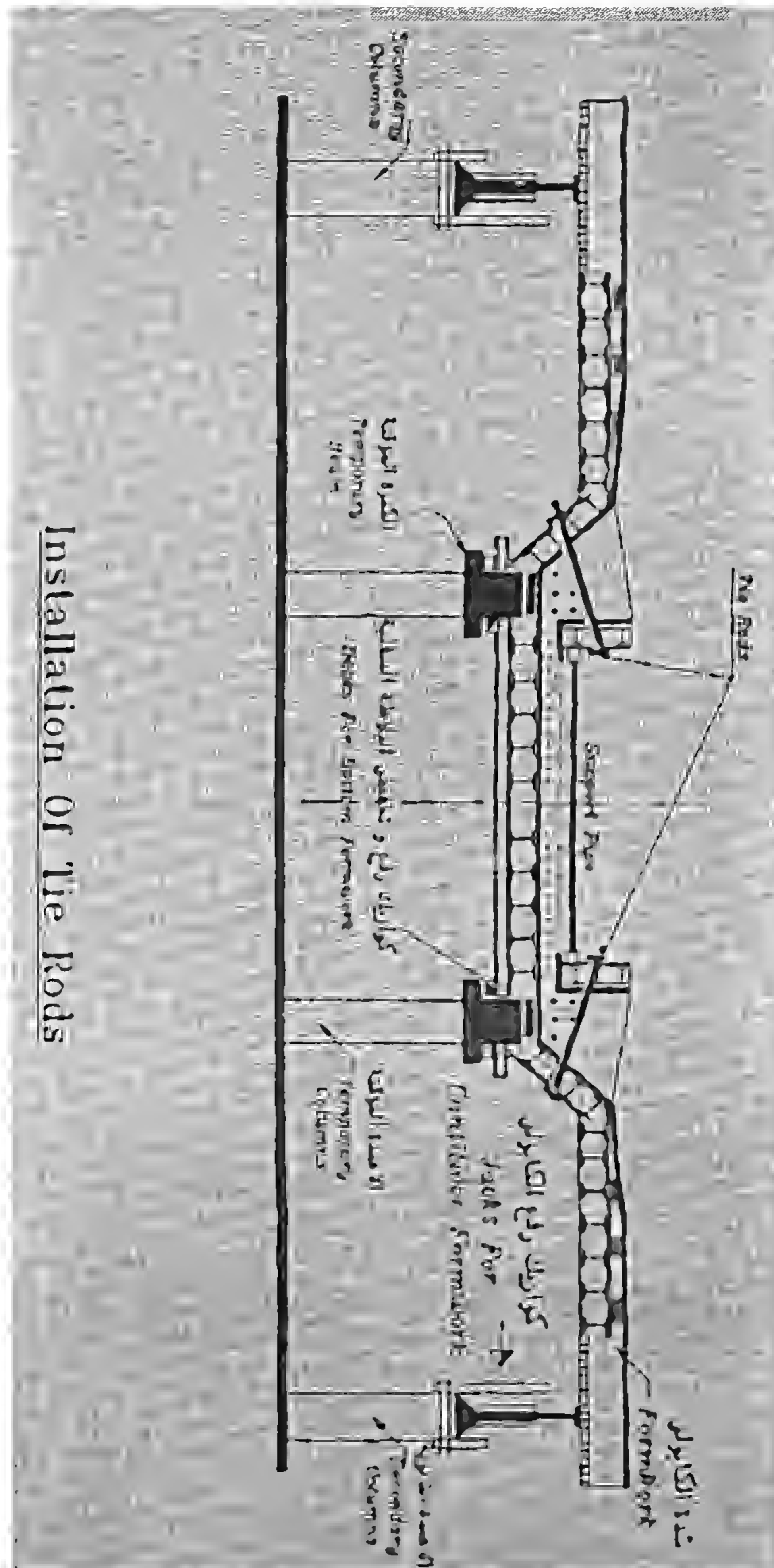
شكل (١٧) شدة الجانب الخارجى والكابولي

تسليح البلاطة السفلية - عمل الشدات والفرم اللازمة - الصب :

- ١ - يوضع حديد التسليح والكابلات الطولية (سابقة الأجهاد) .
- ٢ - تعمل شدة الكمرات الداخلية ويتم ربطها بزراجين ، كذلك تركيب الشداد الساند للشدة - شكل (١٨) .

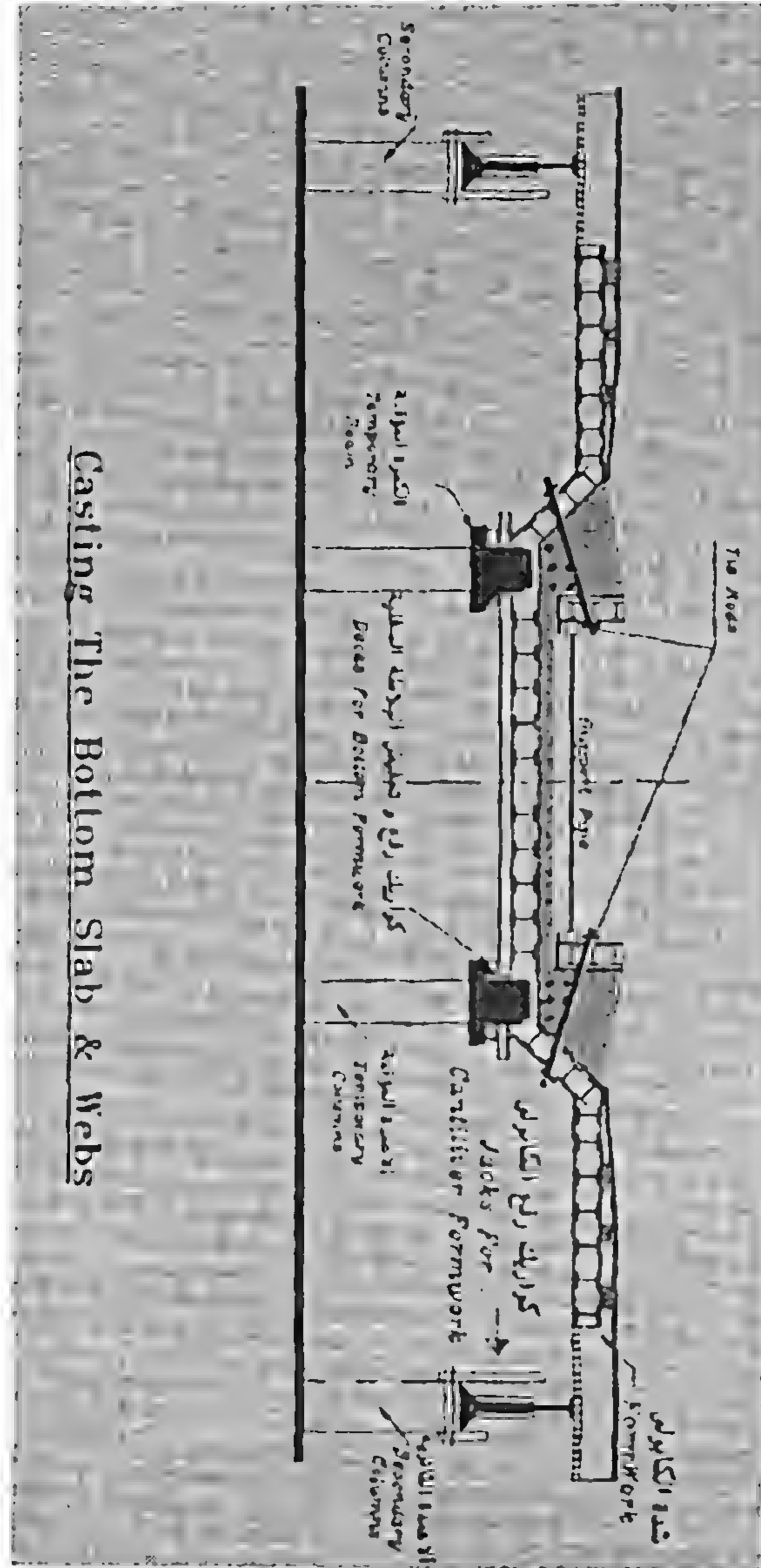
٣ - يتم صب البلاطة السفلية والكمرات - شكل (١٩) .

٤ - ترفع جوانب الكمرات بعد الصب بحوالي ١٠ ساعات.



شكل (١٨)

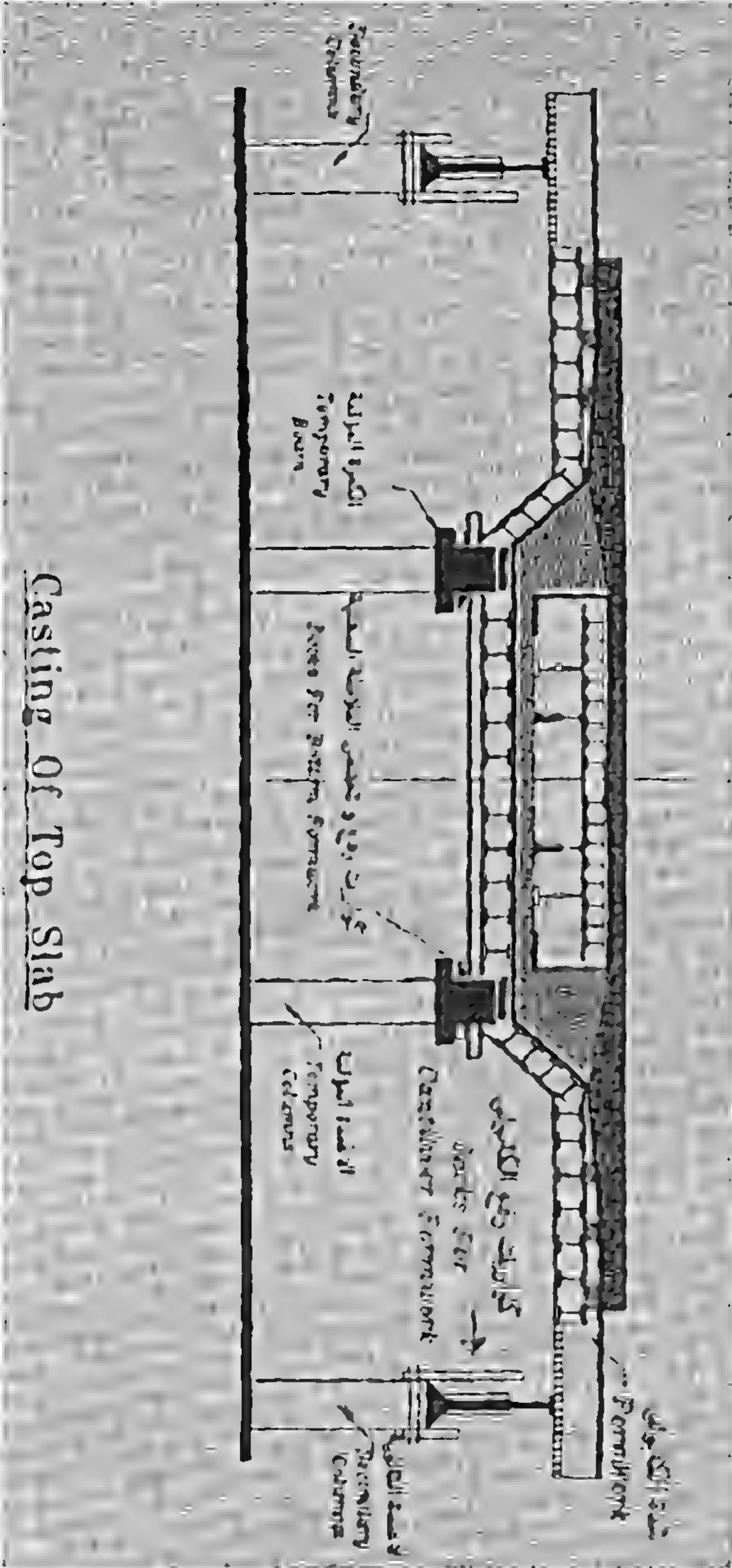
عمل التسليح اللازم و الشدات - تركيب الشدات السائدة الجوانب العلوية للقطاع



شكل (١٩) صب البلاطة السفلية و جوانب القطاع

تسليح البلاطة العلوية - عمل الشدات والفرم اللازمة - الصب :

- ١ - عمل الشدة العلوية للبلاطة العلوية .
- ٢ - عمل التسليح اللازم .
- ٣ - صب البلاطة العلوية - شكل (٢٠).

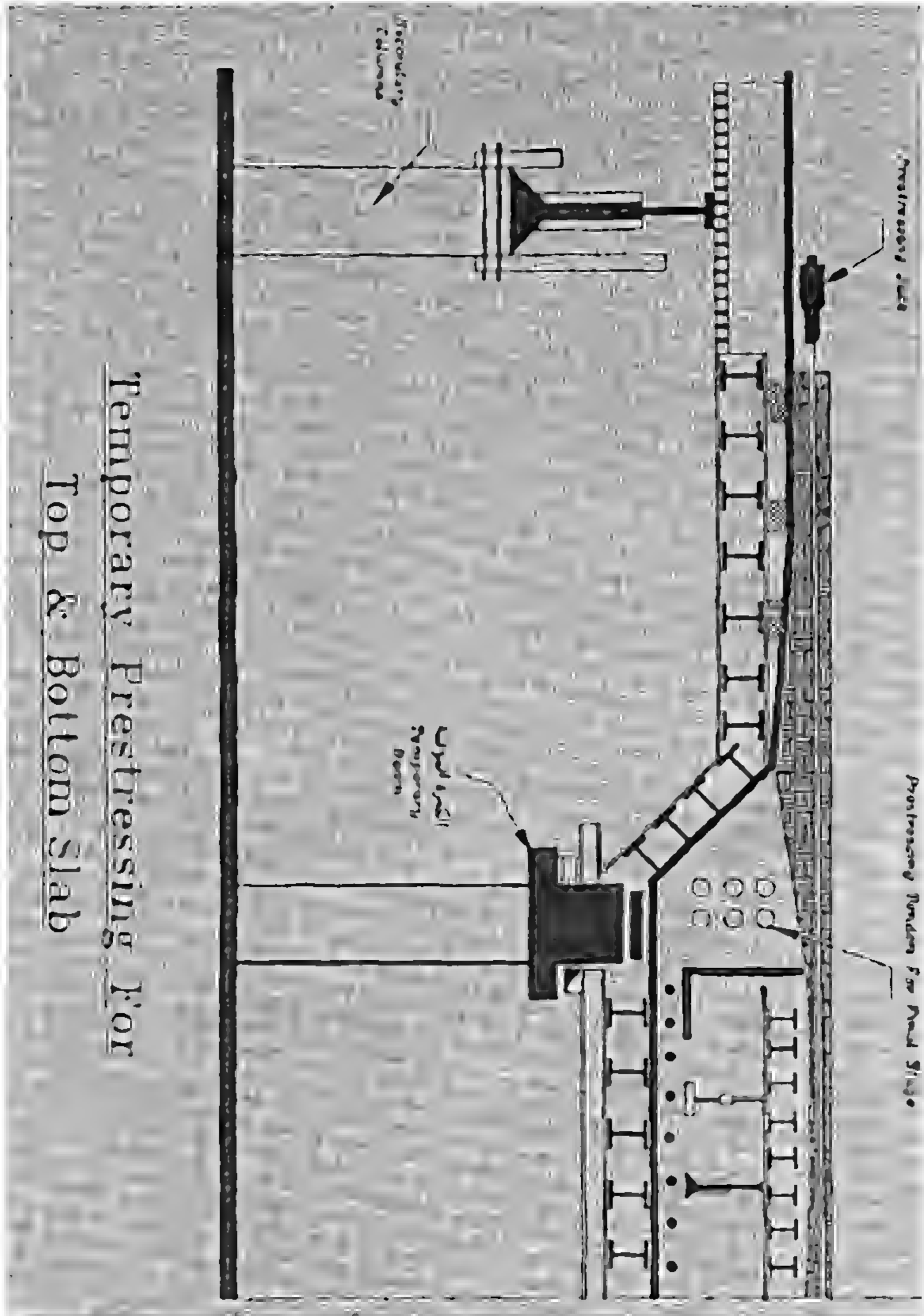


شكل (٢٠) صب البلاطة العليا

شد الكابلات سابقة الأجهاد :

بعد وصول جهد الخرسانة الى القيمة المطلوبة :

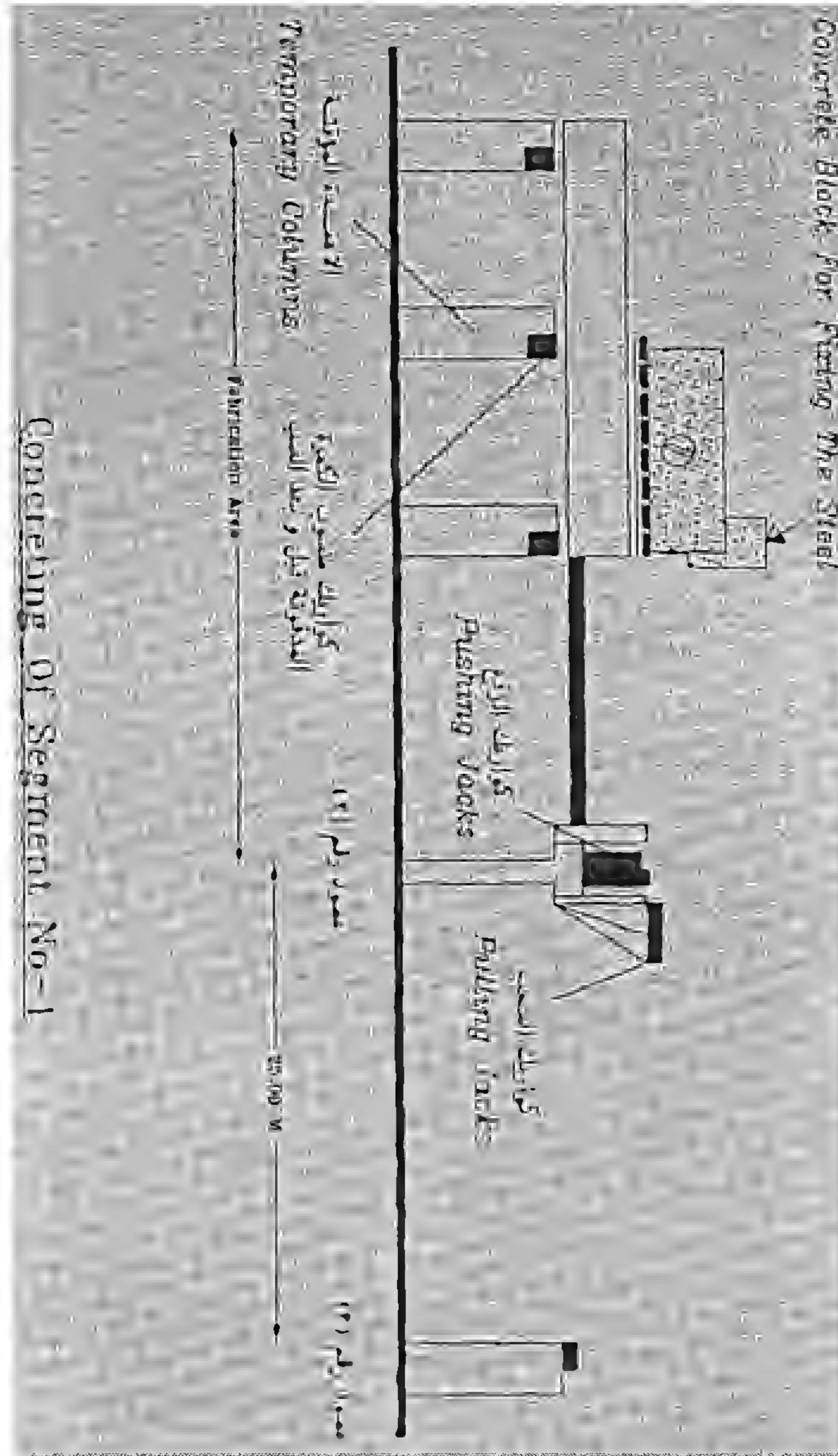
- ١ - تجري عملية شد الكابلات سابقة الأجهاد للقطاع الخرساني - شكل (٢٠) .
- ٢ - تهبط الشدة أسفل النابكية ، بتخفيض الروافع الهيدروليكية .



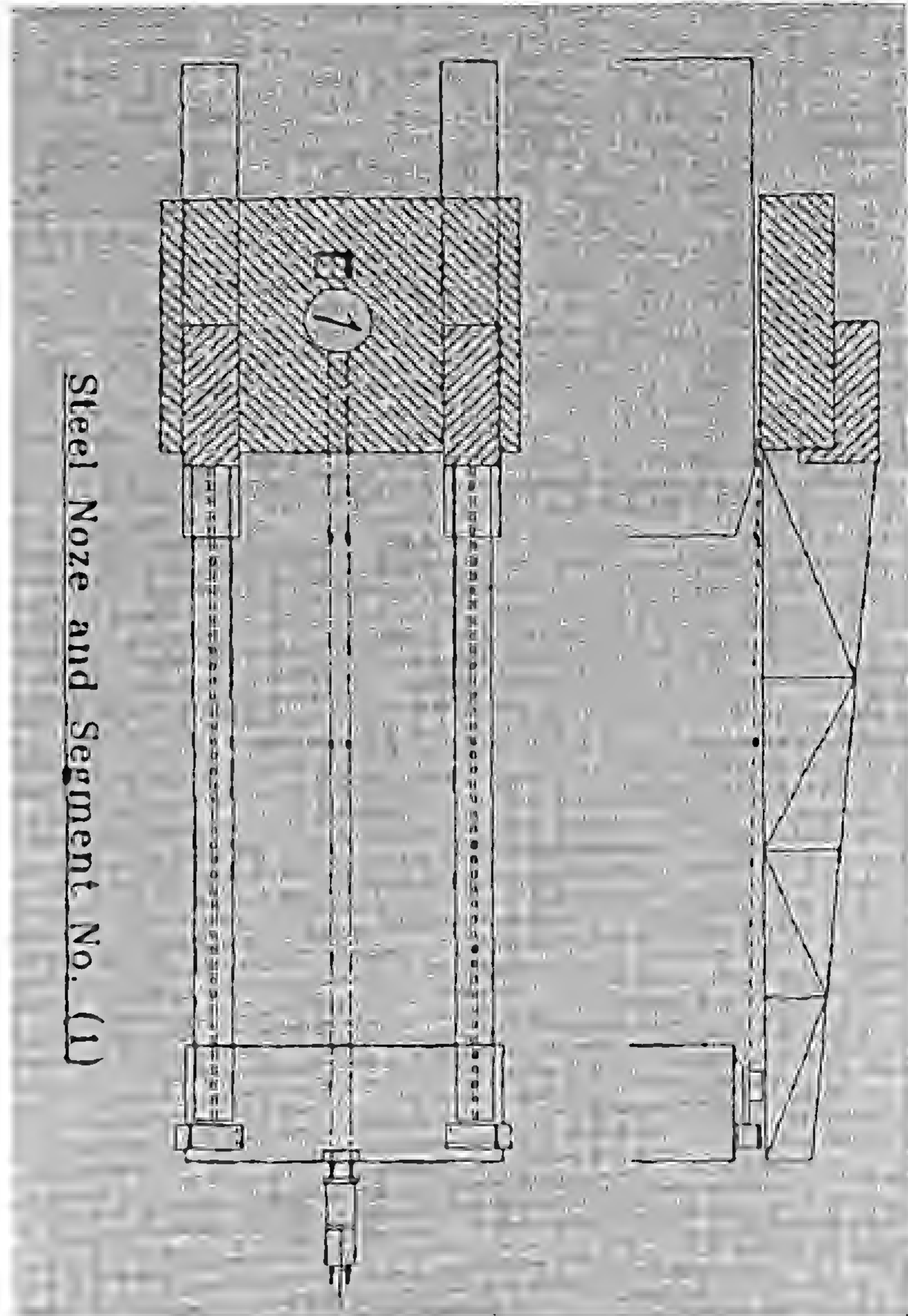
شكل (٢٠) عملية شد الكابلات سابقة الأجهاد للبلاطات العليا والسفلى

سحب القطاع رقم ١ & ٢ :

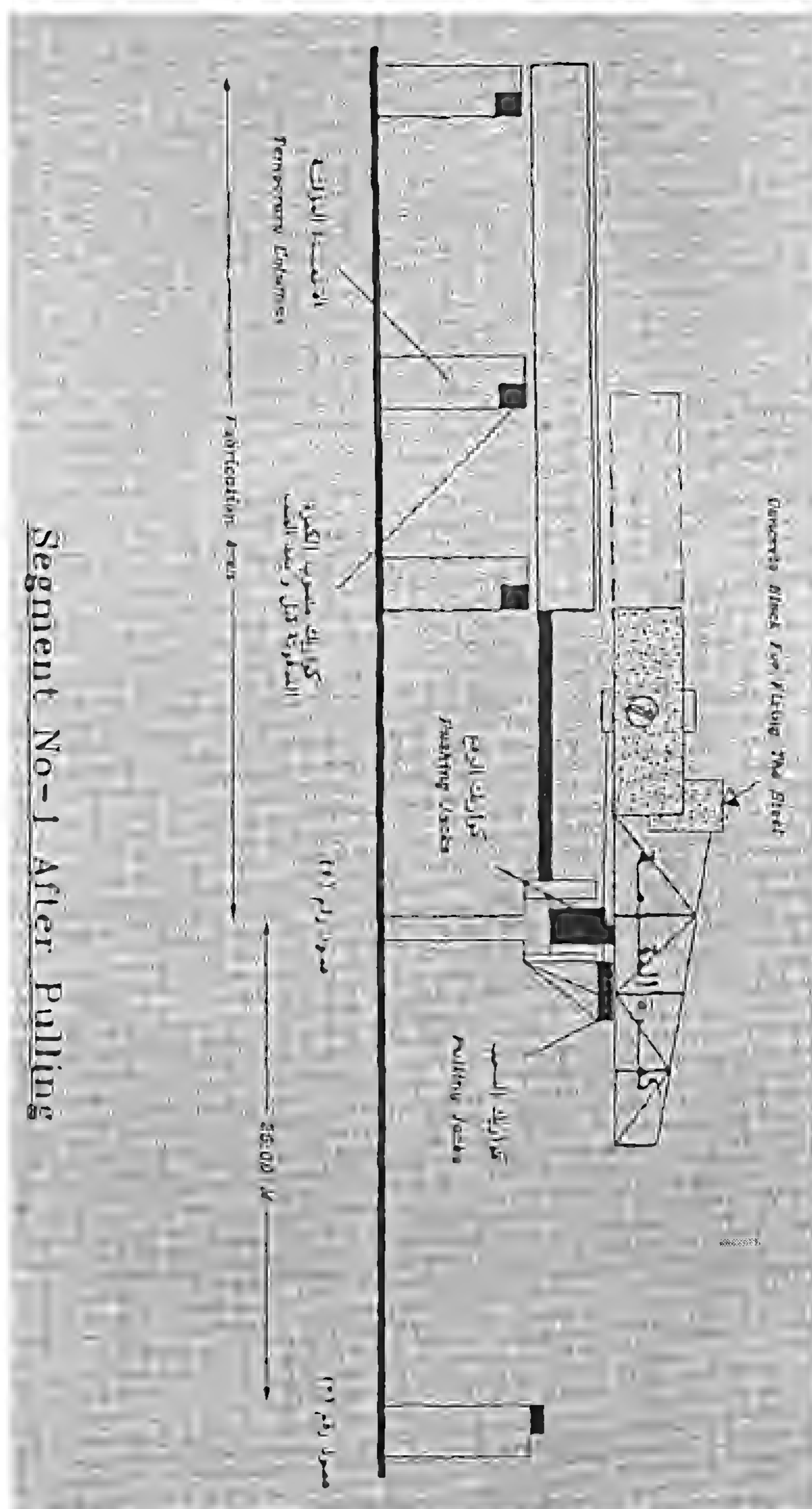
- ١ - صب القطاع رقم (١).
- ٢ - يتم تركيب عدد ٢ ماسورة صلب بين العמודين المؤقتين والمحور رقم (٢) - شكل (٢١).
- ٣ - يثبت الجمالون الحديدي Steel Nose في البلوك الخرسانى ، وهو يوضع لتقليل الطول الكابولي لباكية الكوبري أثناء عملية الدفع - شكل (٢٢) .



- شكل (٢١) صب القطاع رقم ١ - تركيب ٢ ماسورة معننية بين العمودين الموقتين
- تبدأ عملية سحب القطاع الأول بواسطة كابلات السحب حتى نهاية القطاع رقم (١)
- الى بداية الكمر المؤقتة - شكل (٢٣) .



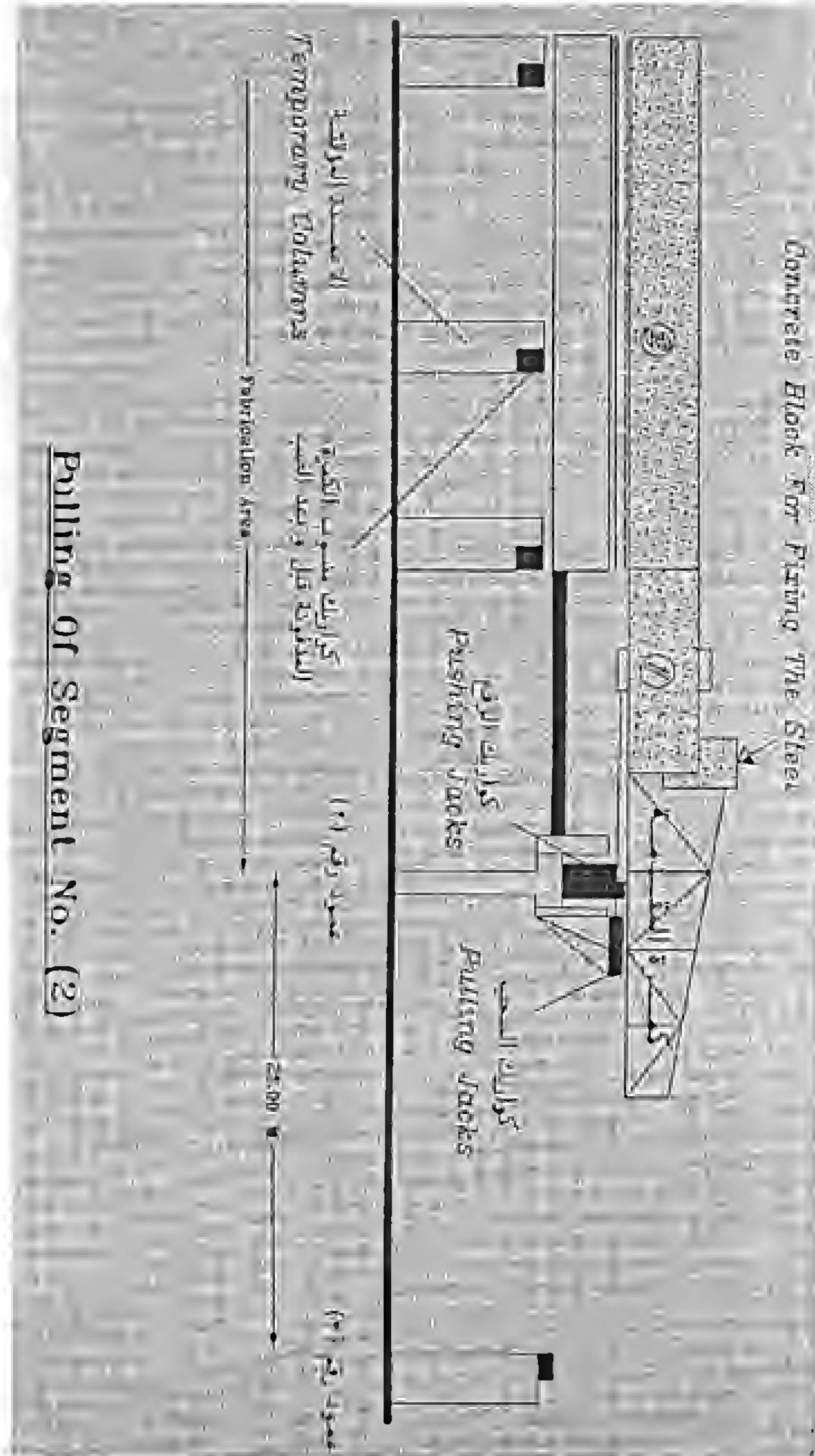
شكل (٢٢) تثبيت الجمالون الحديدي Steel Nose في البلوك الخرساني



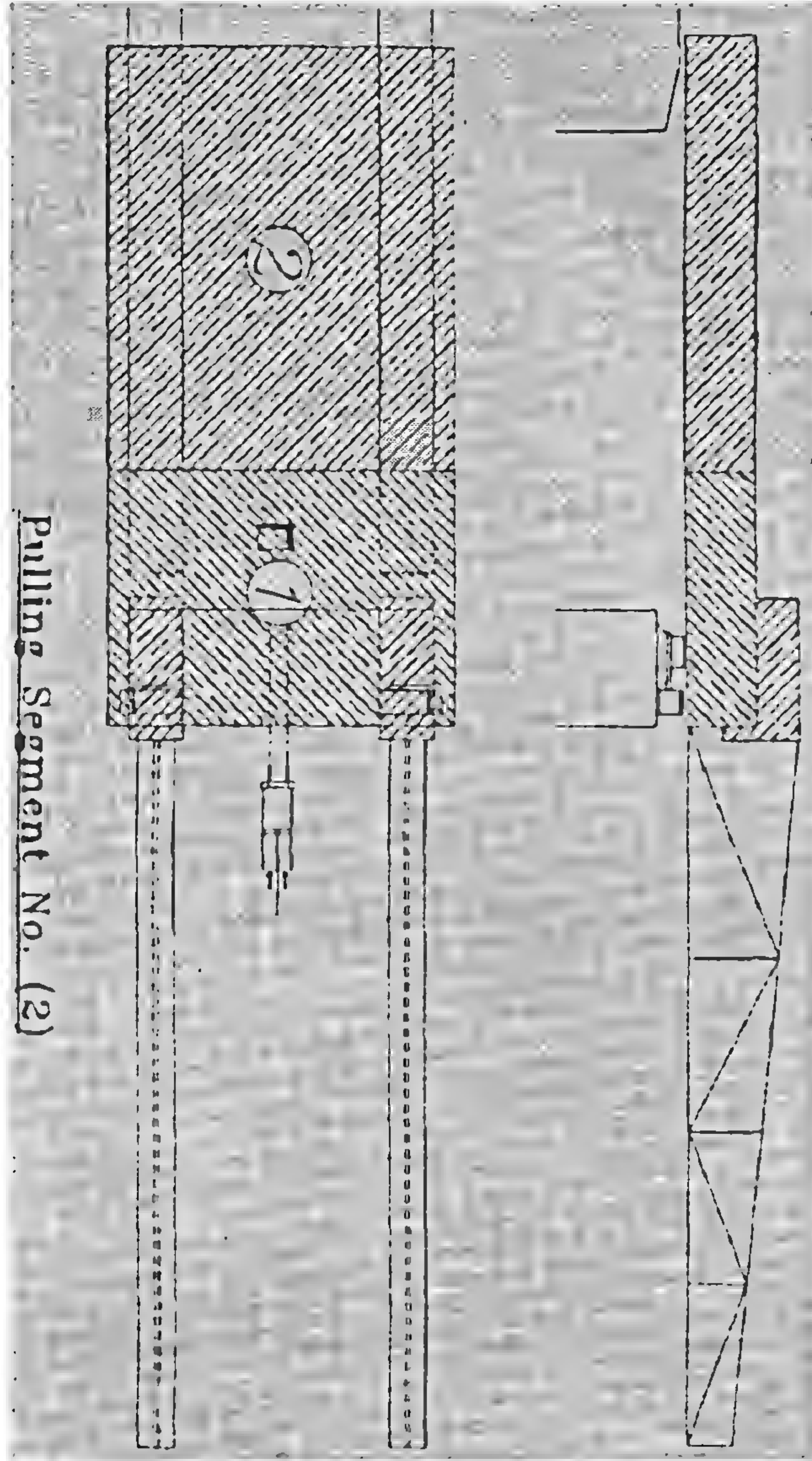
شكل (٢٣) الشريحة الأولى بعد عملية الشد

صب الشريحة الثانية بنفس طريقة الشريحة الأولى .

تبدأ عملية الشد للشريحة الثانية بواسطة كابلات السحب المثبتة في منتصف القطاع رقم (١) الى بداية الكمره المؤقتة - والتي تتم بنفس طريقة الشد للشريحة الأولى - وعندها يكون القطاع الحرساني فوق كواريك الدفع - شكل (٢٥).



شكل (٢٤) عملية الشد للشريحة الثانية



شكل (٢٥) عملية الشد للشريحة الثانية - الشد يتم من أسفل الشريحة

عملية الدفع :

بعد الانتهاء من تخفيض الشدة ، تبدأ عملية الدفع باستخدام ٢ كوريك رفع + ٤ كوريك دفع .

قوة كوريك الرفع الواحد = ٥٠٠ طن - أجمالي ١٠٠٠ طن .

أقصى مسافة رفع = ٥ مم .

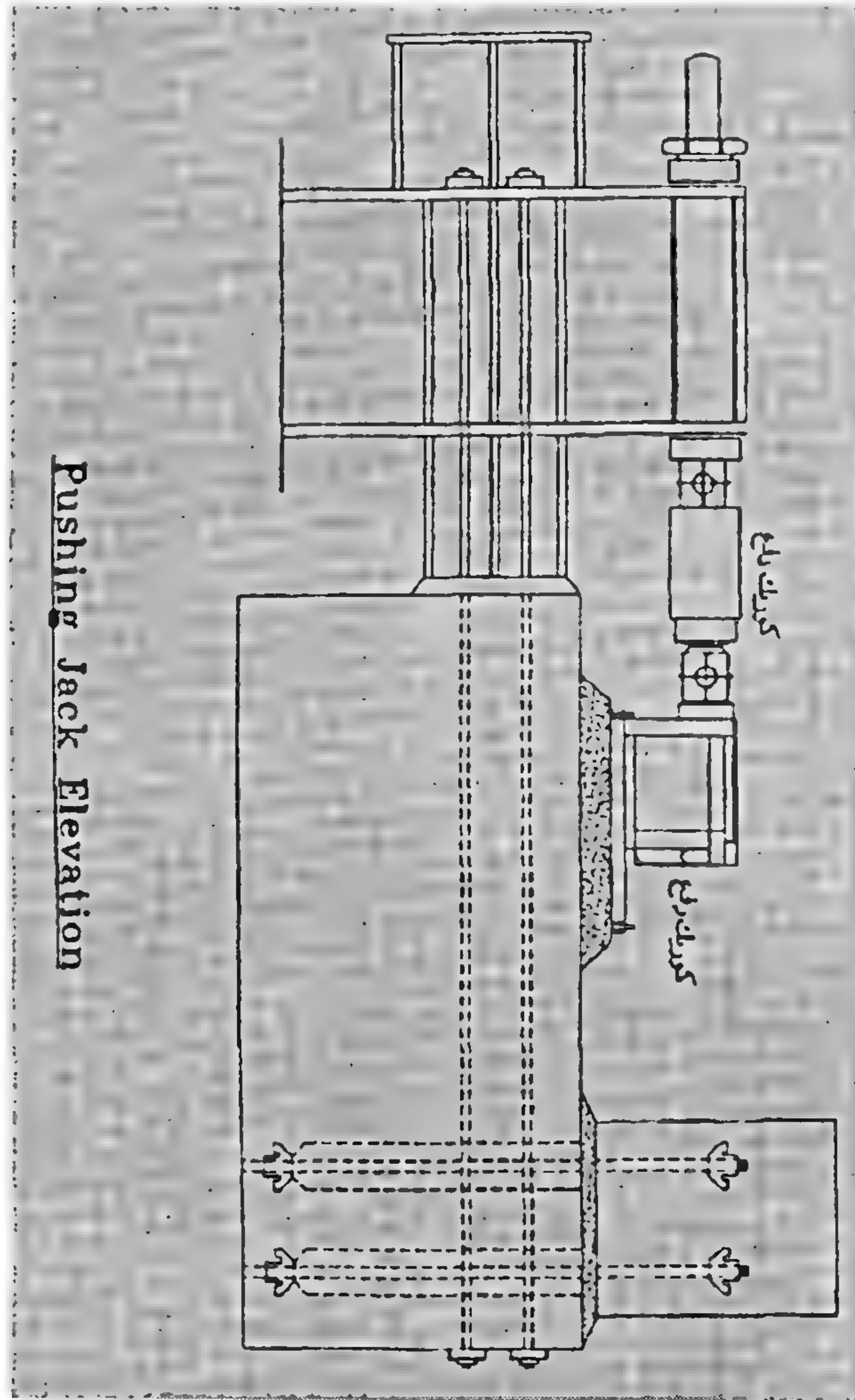
قوة كوريك الدفع الواحد = ١٠٠ طن - أجمالي ٤٠٠ طن .

تبدأ عملية الدفع بأن يتم رفع الكوبري أولاً ٥ مم بواسطة كواريك الرفع ، بينما يتم دفع الكوبري أثناء الرفع لمسافة ٢٥ سم - شكل (٢٦) .

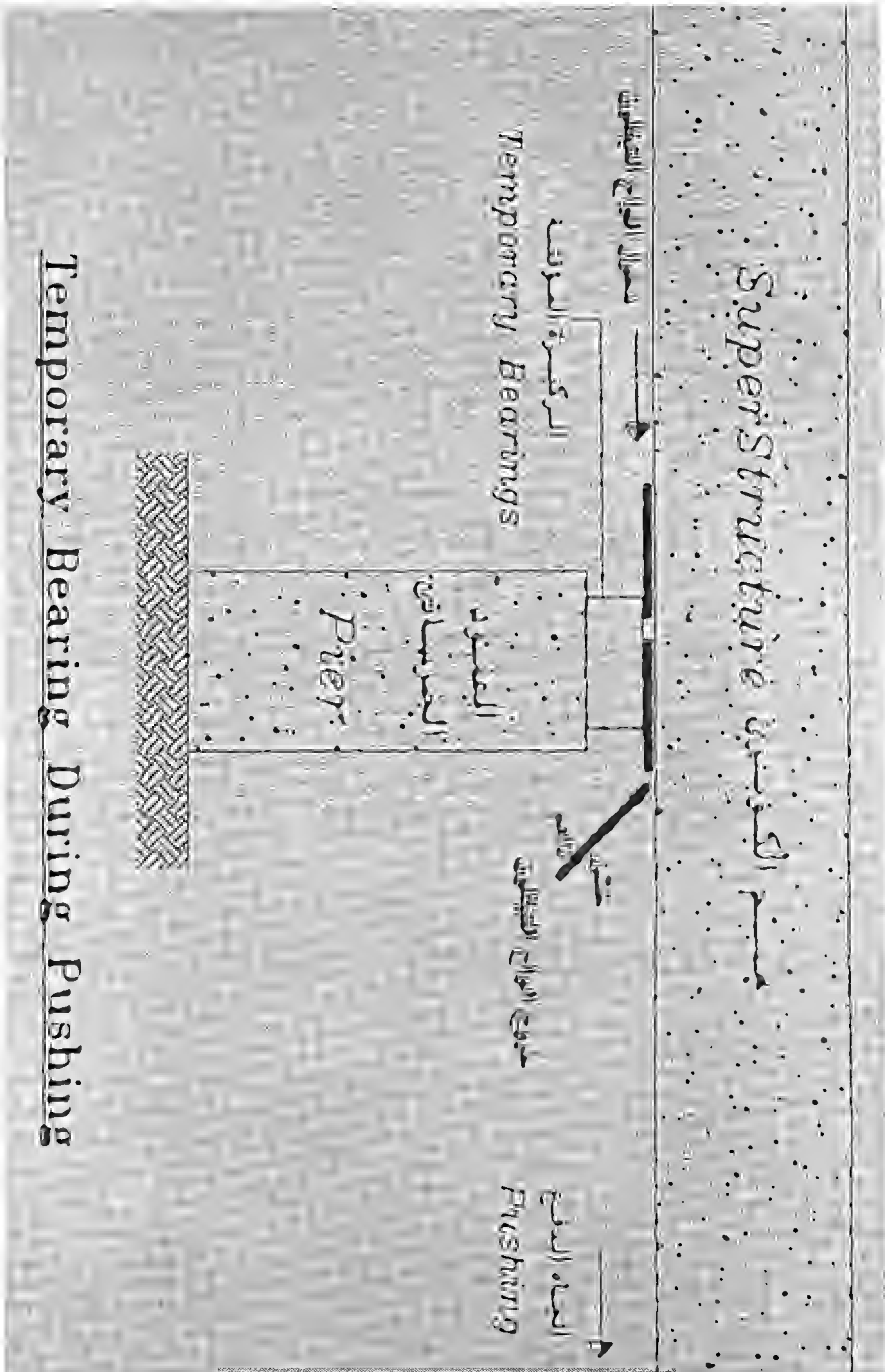
يتم أنزال الكوبري بعد نهاية المشوار ليعود الكوريك بدون حمل مرة أخرى .
أثناء عملية الدفع ، وعلى الكمره المؤقتة ، يتحرك جسم الكوبري على الخشب Hard Wood والمدهون بطبقة من الشحم .

كما يتحرك أيضا فوق الركائز المؤقتة بوضع ألواح التيفلون واحد تلو الآخر - شكل (٢٧) .

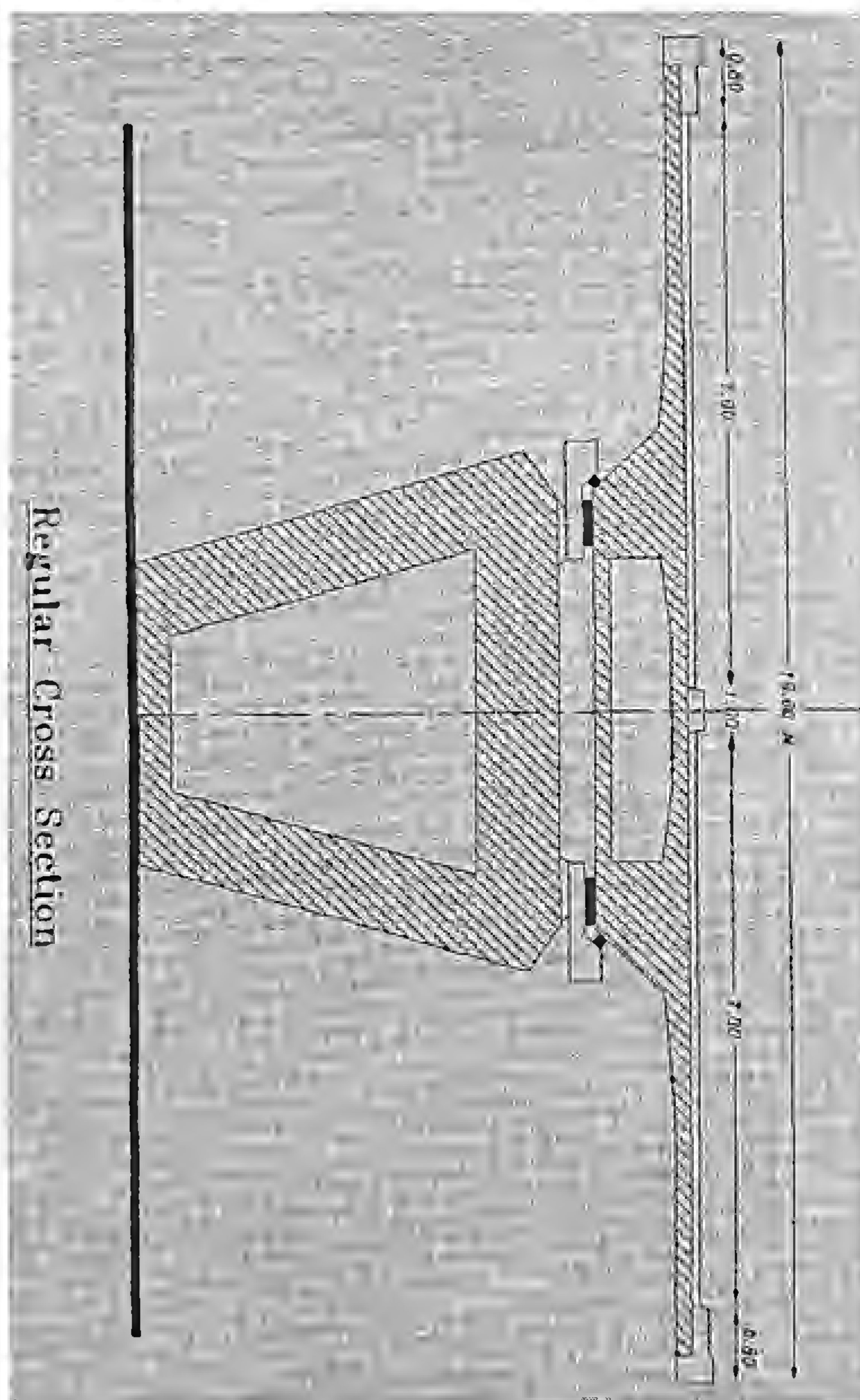
الوضع النهائي للكوبري فوق الركائز - شكل (٢٨) .



شكل (٢٦) مسقط رأسي لكواريك الدفع



شكل (٢٧) العمود المؤقت أثناء دفع الكوبري



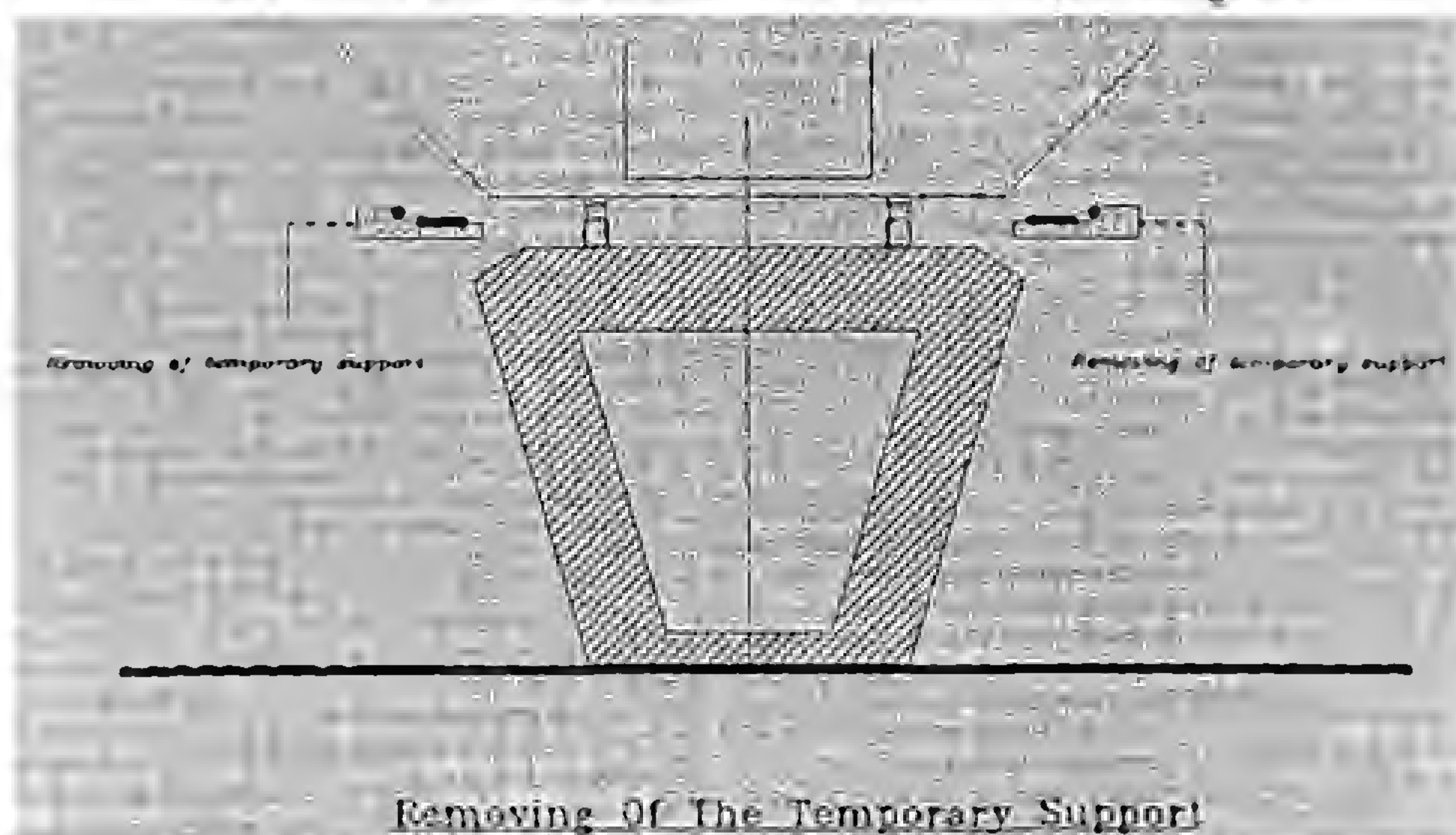
شكل (٢٨) الوضع النهائي للكوبري فوق الركائز

أستبدال الركائز المؤقتة بالركائز الدائمة :

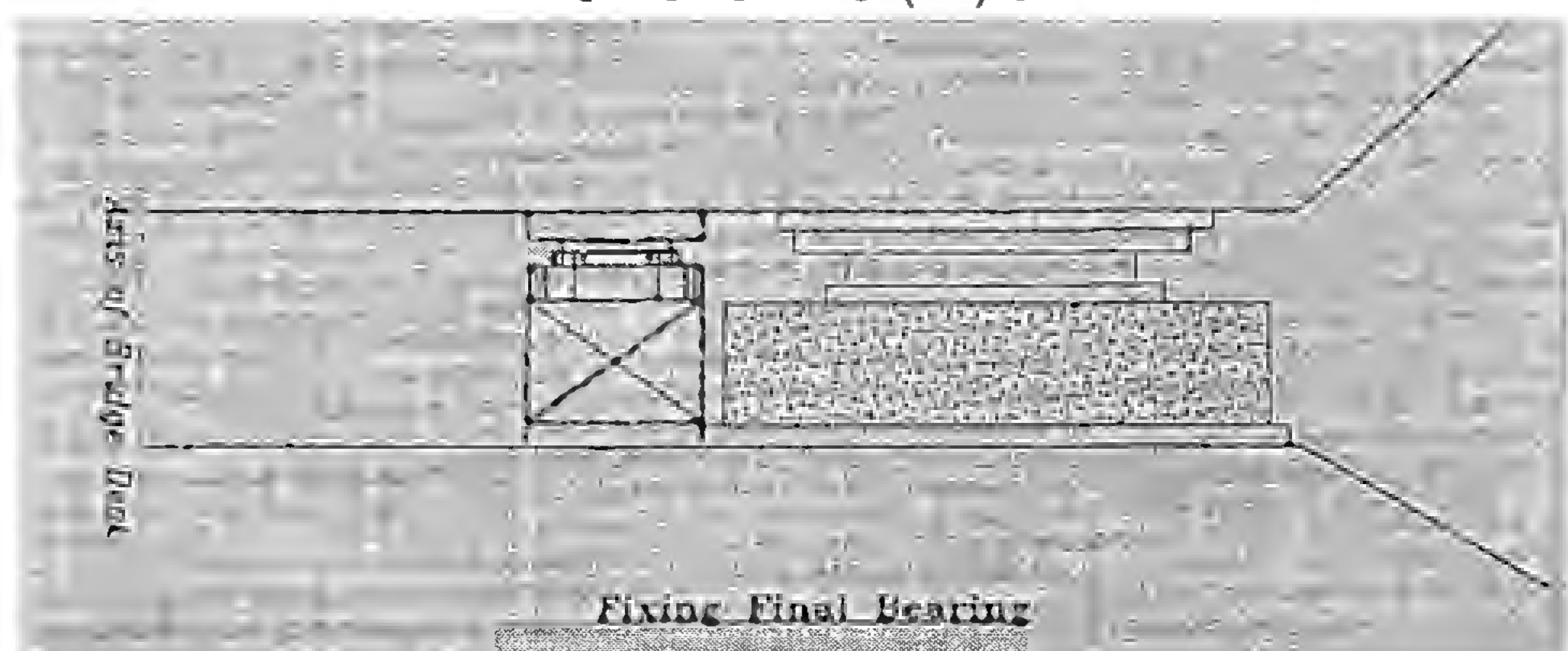
خطوات التنفيذ :

- ١ - توضع كواريك الرقع بجوار الركائز المؤقتة أسفل الكمر الطولي ، تقوم الكواريك برفع الكوبري ٥ مم .

- ٢ - يتم أخراج الركائز المؤقتة - شكل (٢٩) .
- ٣ - يتم تركيب الركائز الدائمة ثم الحقن أعلاها وأسفلها - شكل (٣٠) .
- ٤ - بعد وصول الحقن الي الجهد المطلوب ، نخفض كواريك الرفع .
- ٥ - يتم شد الكابلات الطولية (المرحلة النهائية) .
- ٦ - نكمل باقي التشطيبات من كويستات ودرابزينات ورصف وأتارة ...



شكل (٢٩) إزالة الأرتكاز المؤقت



شكل (٣٠) تركيب الأرتكاز النهائي

ملاحظات عامة :

- ١ - تصلح هذه الطريقة عندما يكون مسار الكوبري خط مستقيم أو منحنى ثابت .
- ٢ - يمكن عمل ٢ منطقة تصنيع لسرعة الأنشاء عند طرفي الكوبري .

٣ - تستغرق دورة عملية دفع الكوبري لمسافة ٢٥ سم (مسافة روافع الدفع) ٧٥ ثانية .

٤ - طول الكابولي المعدني Steel Nose = ١٧ متر .

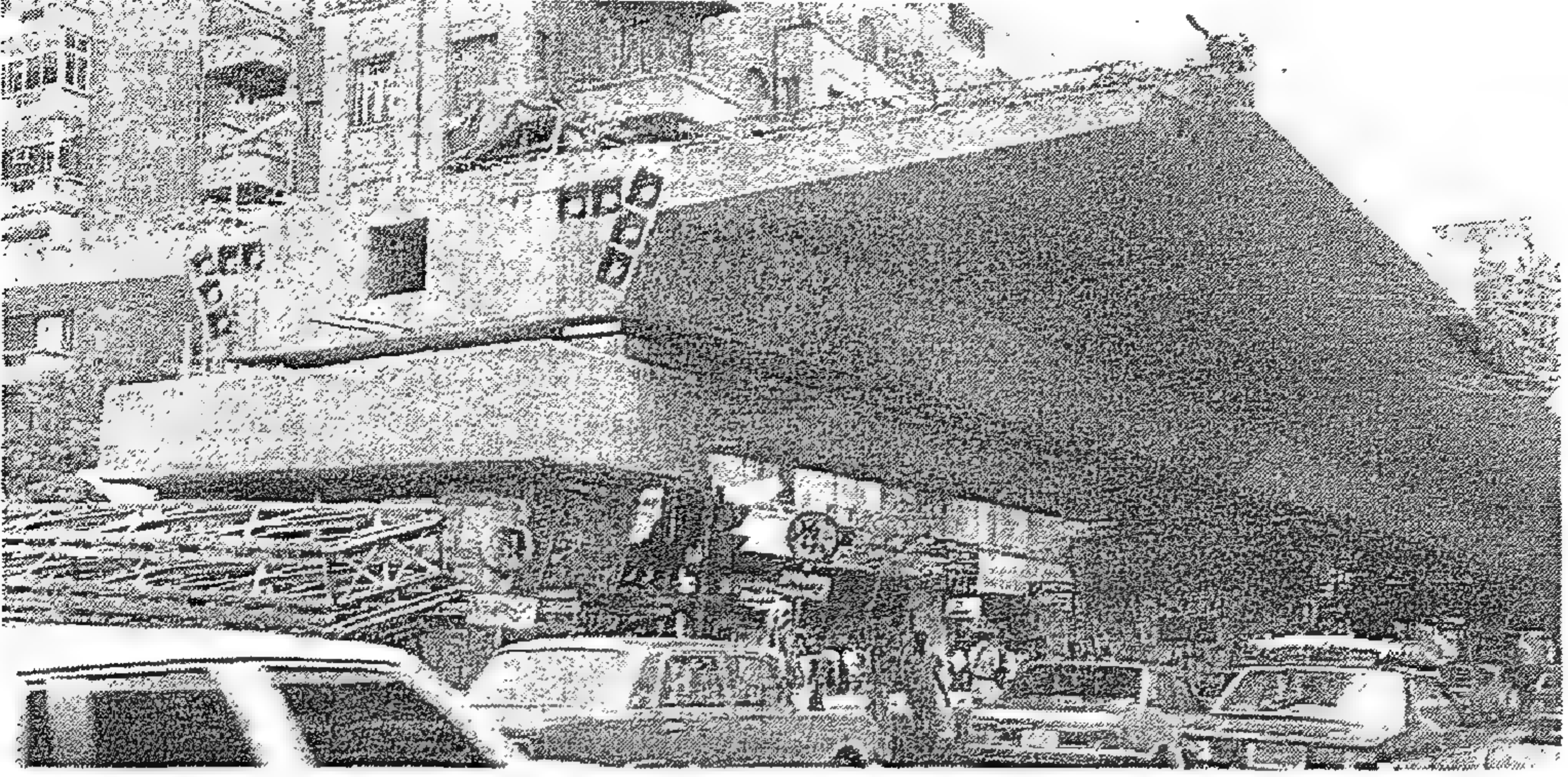
٥ - تتكون الألواح المتحركة من مادة التيفلون فوق ألواح من الصلب ١٦ مم المغطي بألواح النيكل كروم بسمك ١ مم بينهما طبقة من الشحم لتقليل معامل الاحتكاك الي ٢ - ٤ % . وتحت الألواح الصلب ألواح تيفلون بسمك ٣ مم لخلق سطح أنزلاق ثاني بمعامل احتكاك ٨ % لحماية الأعمدة من أي قوة أفقية إضافية .

٦ - خلال عملية دفع الكوبري ، يتم استخدام عمالة (مزودة بأجهزة لاسلكي) فوق كل عمود لسحب ووضع ألواح التيفلون المتحركة و كذلك سحب الألواح الخشبية المتحركة في منطقة التصنيع .

شكل (٣١) يوضح الكوبري أثناء دفعه علي الأرتكازات (صورة من الطبيعة لكوبري الزمالك) .



شكل (٣١) الكابولي المعدني في مقدمة باكية الكوبري أثناء الدفع - كوبري ٢٦ يوليو - الزمالك



شكل (٣١) بلاطات الكوبري أثناء عملية الدفع

ثالثا : نظام العربات الطائرة Launching girders system :

العربات التي تحمل الرافع الحامل للكمرة الطولية الرئيسية :

المميزات :

١ - عدم أعاقه المرور أو تحويله أو غلقه .

٢ - سرعة تنفيذ الهيكل العلوي للكوبري .

طريقة التنفيذ :

١ - تستخدم كمرات سابقة الصب و الأجهاد بأطوال ٢٨ - ٤٣ متر - شكل

(٣٢) . يمكن أيضا التنفيذ بطريقة الصب في الموقع - شكل (٣٣) .

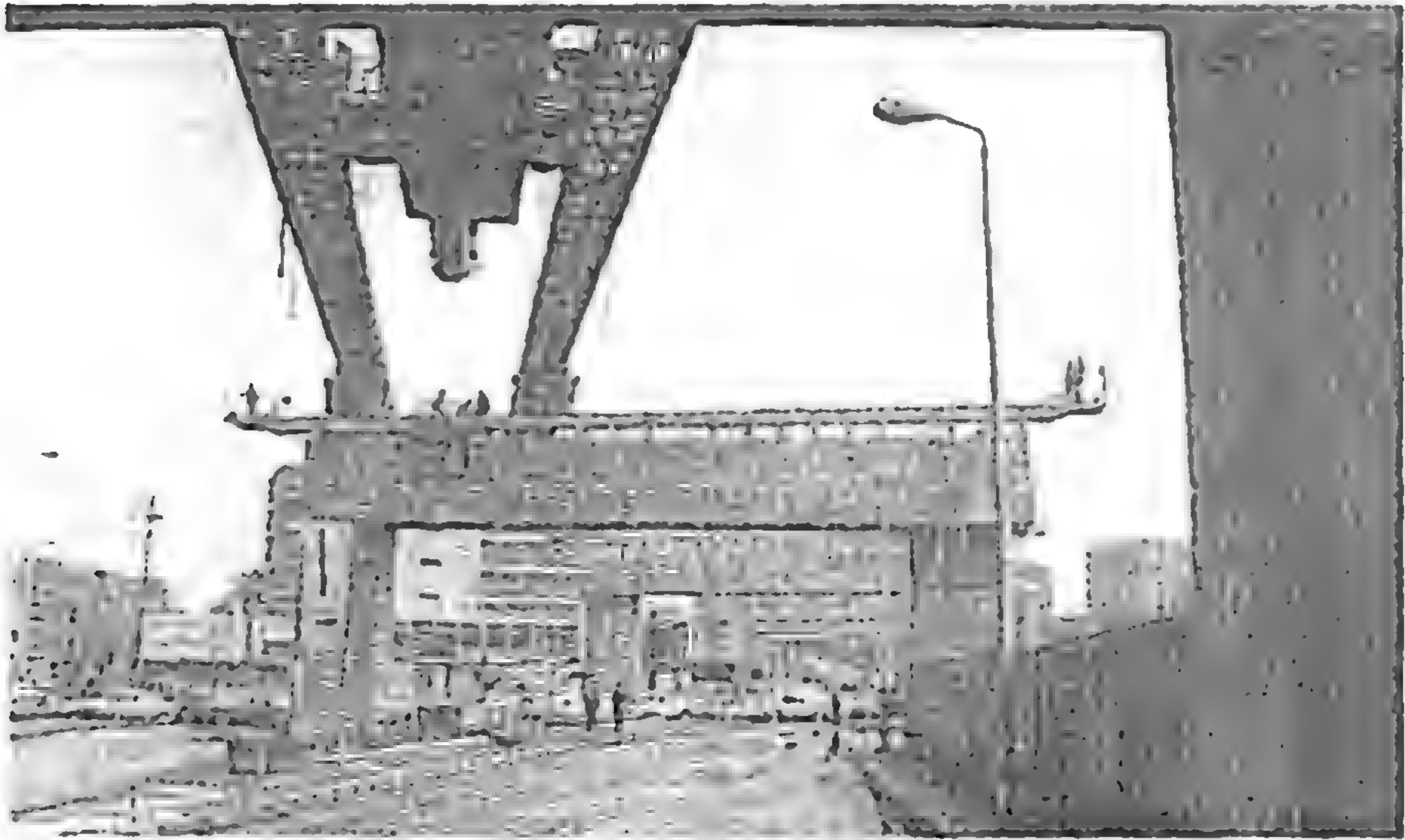
٢ - يتم رفع الكمرة علي عربات خاصة ، وزن الكمرة حوالي ١١٥ طن وطولها حوالي ٤٠ متر .

٣ - تنقل الكمرات بواسطة العربات الي مكانها .

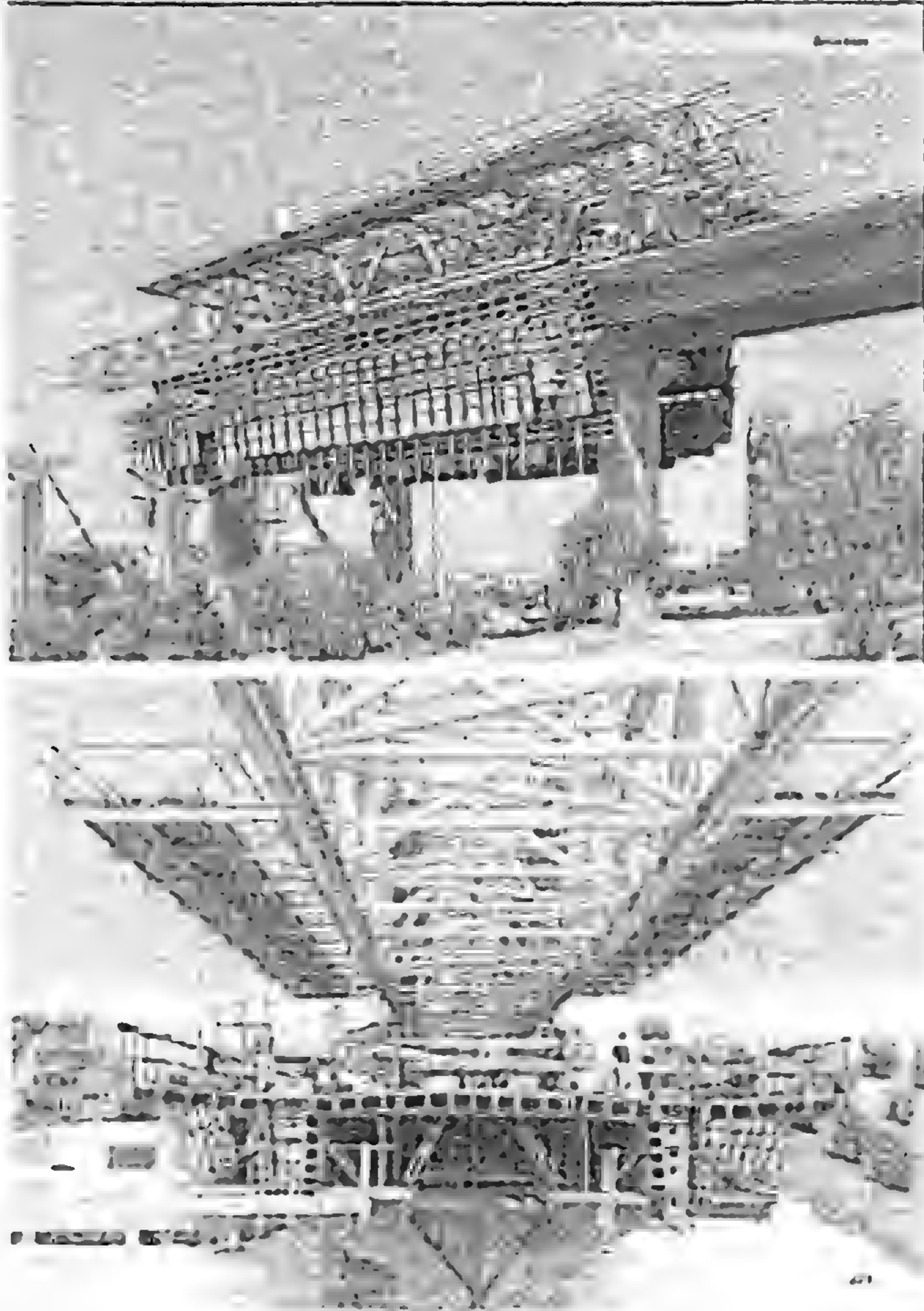
تم تطبيق هذا النظام في كوبري ٦ أكتوبر - ميدان العباسية - القاهرة .



شكل (٣٢) العربات الطائرة أثناء التنفيذ ، حاملة لكمره سابقة الصب



تابع شكل (٣٢) العربات الطائرة



شكل (٣٣) العربة الطائرة لصب الكوبري في الموقع



شكل (٣٣) جسم الكوبري من خرسانات مصبوبة في الموقع

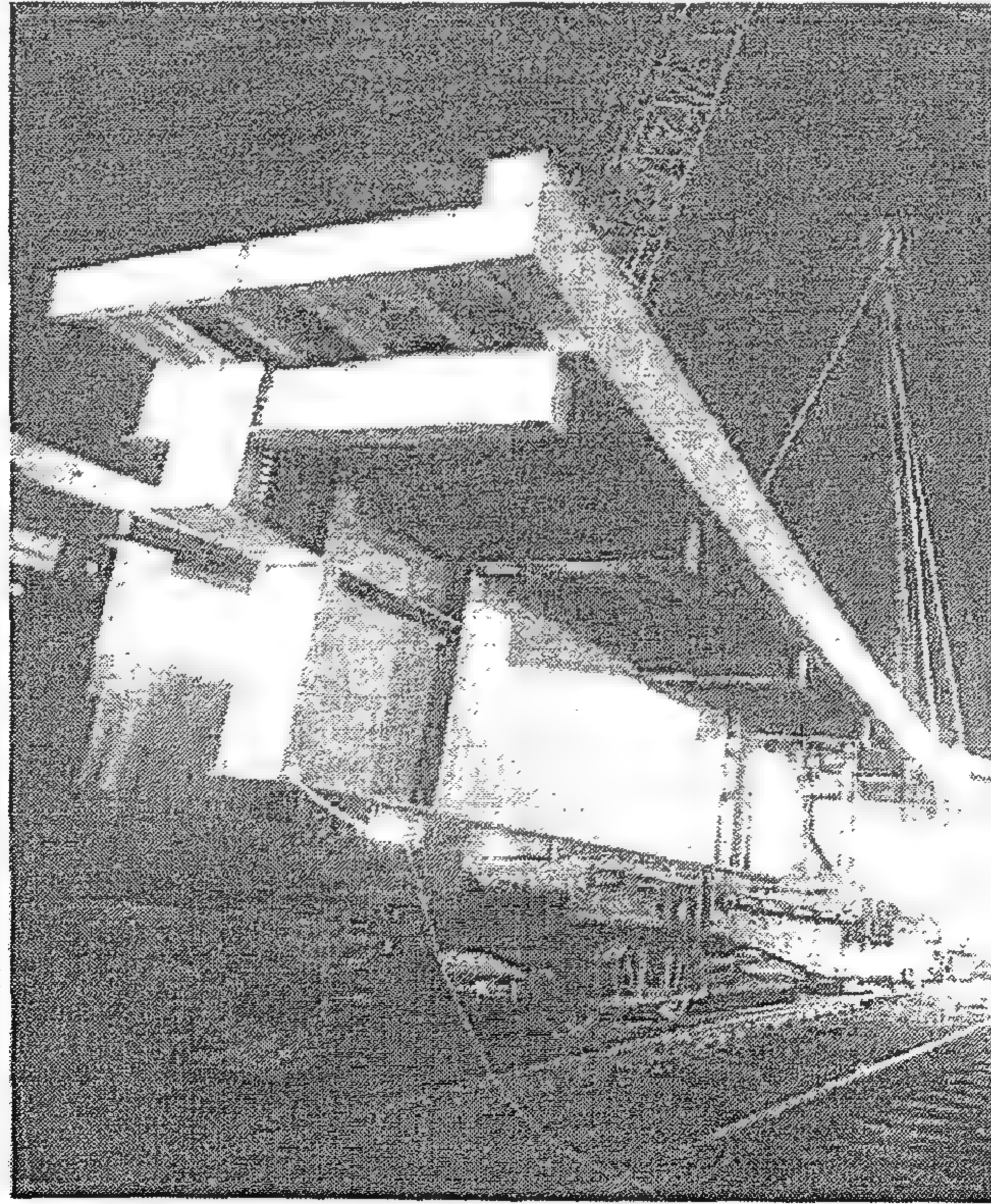
رابعاً : الكباري المعدنية :

مميزاتها :

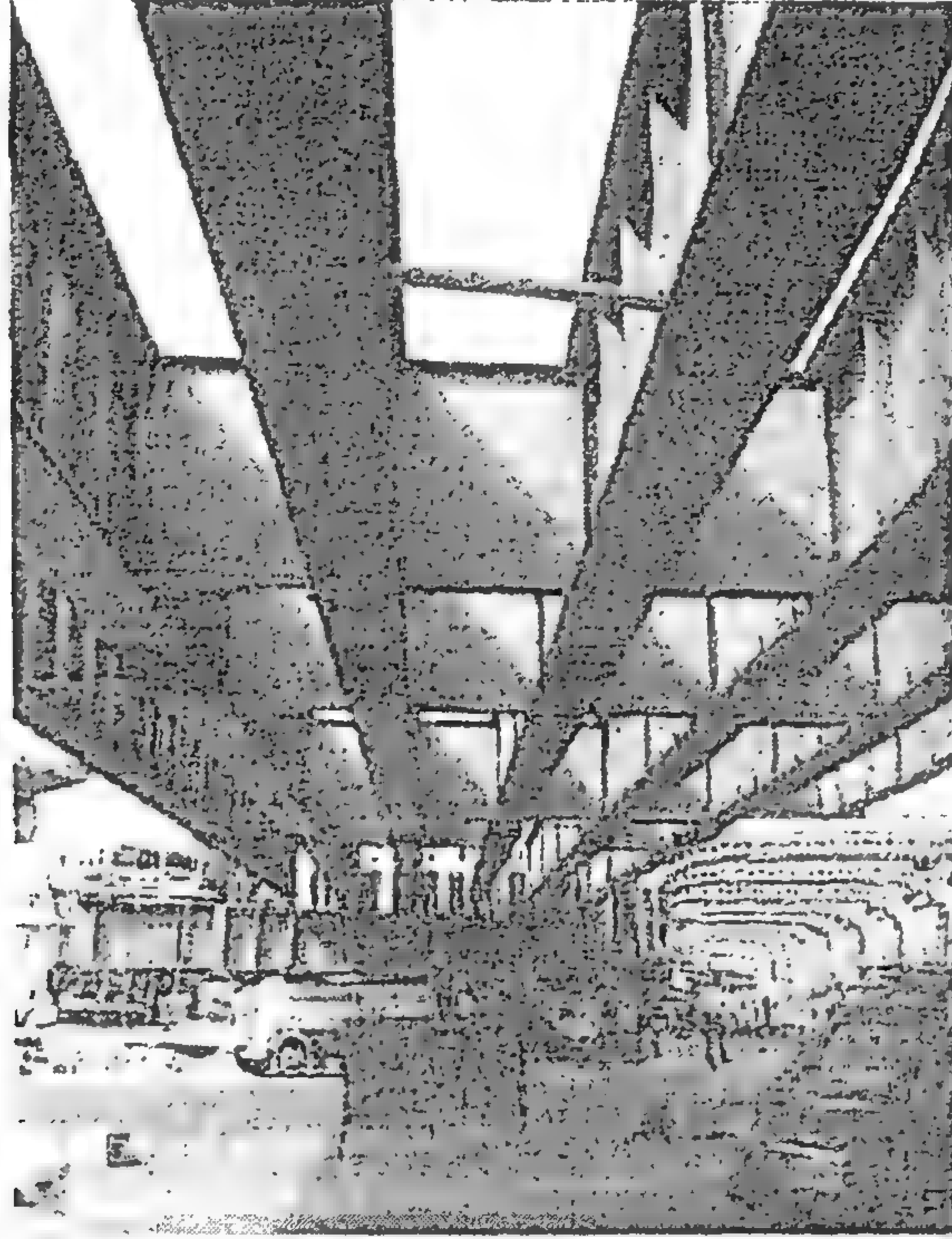
١ - سرعة الأنجاز .

٢ - الأقتصاد في التكاليف .

تنتشر الكباري المعدنية بجمهورية مصر العربية وتساهم في حلول جذرية لمشاكل النقل والمواصلات ، يتم تصنيع أجزائها بورش التصنيع ثم تنقل بشكل أجزاء كاملة مجمعة الي الموقع . يتم عمل الأساسات اللازمة للعمل في الموقع علي أن تزود بجوايط معدنية لربط الهيكل العلوي بالأساسات . يتم تركيب أجزاء الكوبري المصنعة بسرعة فائقة ، ثم تبدأ أعمال تشطيبات الكوبري من درابزينات ورصف وأنارة ... ولعل خير مثال لذلك كوبري الملك الصالح - كوبري الأزهر - كوبري الفردوس - كوبري السيدة عائشة - شكل (٣٤) .



شكل (٣٤) الكباري المعدنية - تصنيع غلي أجزاء ثم تنقل لموقع العمل



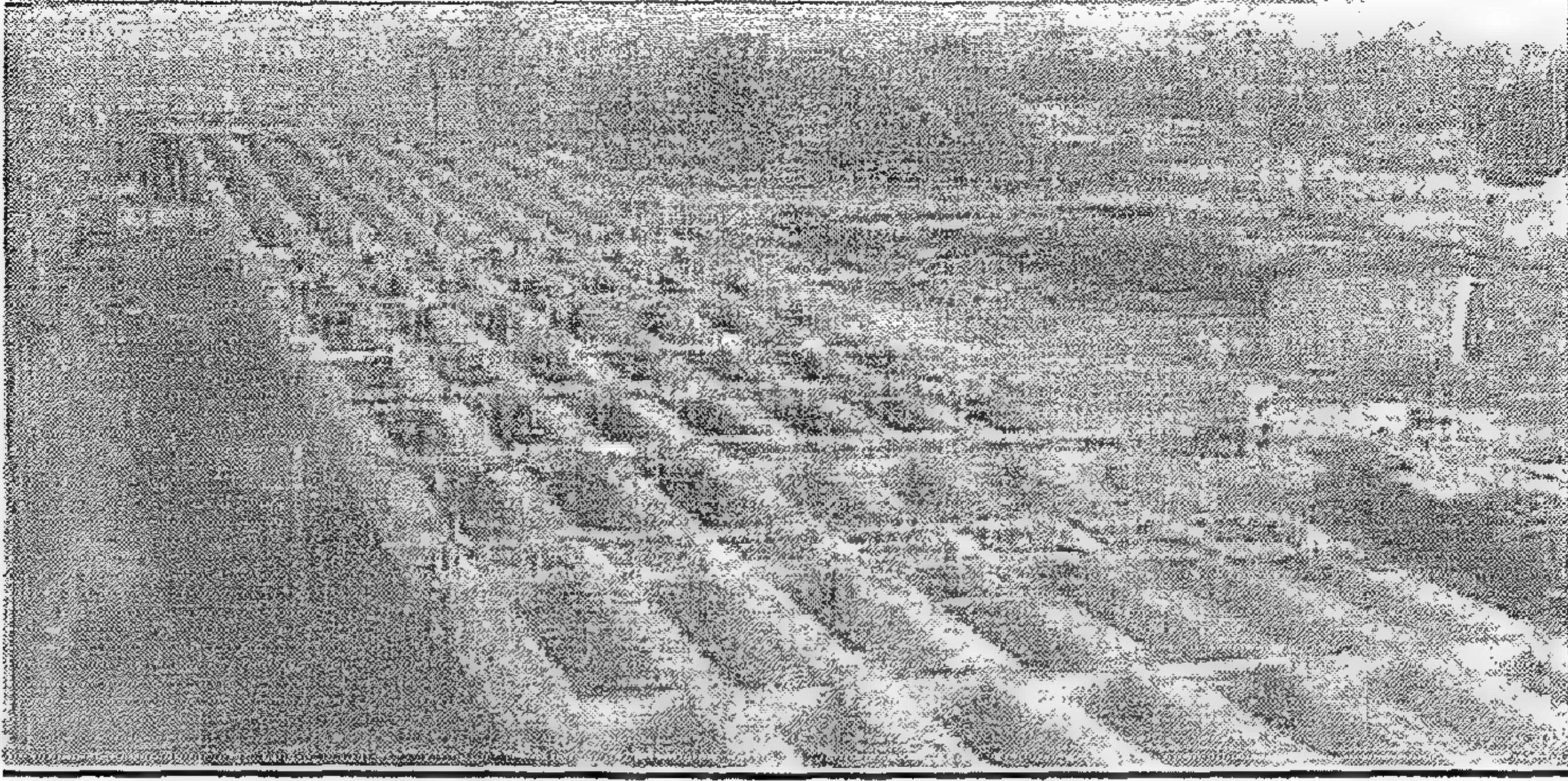
تابع شكل (٣٤) الكباري المعدنية - الوصلة فوق الكورنيش عند منطقة أبو العلا

خامسا : الكوبري العلوي فوق شارع الجلاء :

كمرات سابقة الصب سابقة الأجهاد في الاتجاه الطولي . كمرات عرضية سابقة الأجهاد ترتكز عليها الكمرات الطولية .



شكل (٣٥) الأعمدة والكمرات العرضية والطولية للكوبري



شكل (٣٥) الكمرات سابقة الصب والأجهد متجاورة أثناء التنفيذ

سادساً : الكبارى المعلقة Suspended bridges

مثل كوبري مبارك علي قناة السويس - شكل (٣٦) ، وكوبري ٦ أكتوبر . تعتبر أحدث تكنولوجيا في إنشاء الكبارى علي مستوي العالم . تكون تلك الكبارى معلقة بوابرات أو كابلات عالية المقاومة ويكون جسم الكوبري معلقاً بها : الوبرات الصلب مرتكزة علي البايلون .

المميزات :

١ - البحور الكبيرة ، نماذج موضحة لبعض الكبارى المعلقة علي مستوي العالم آخر هذا الباب .

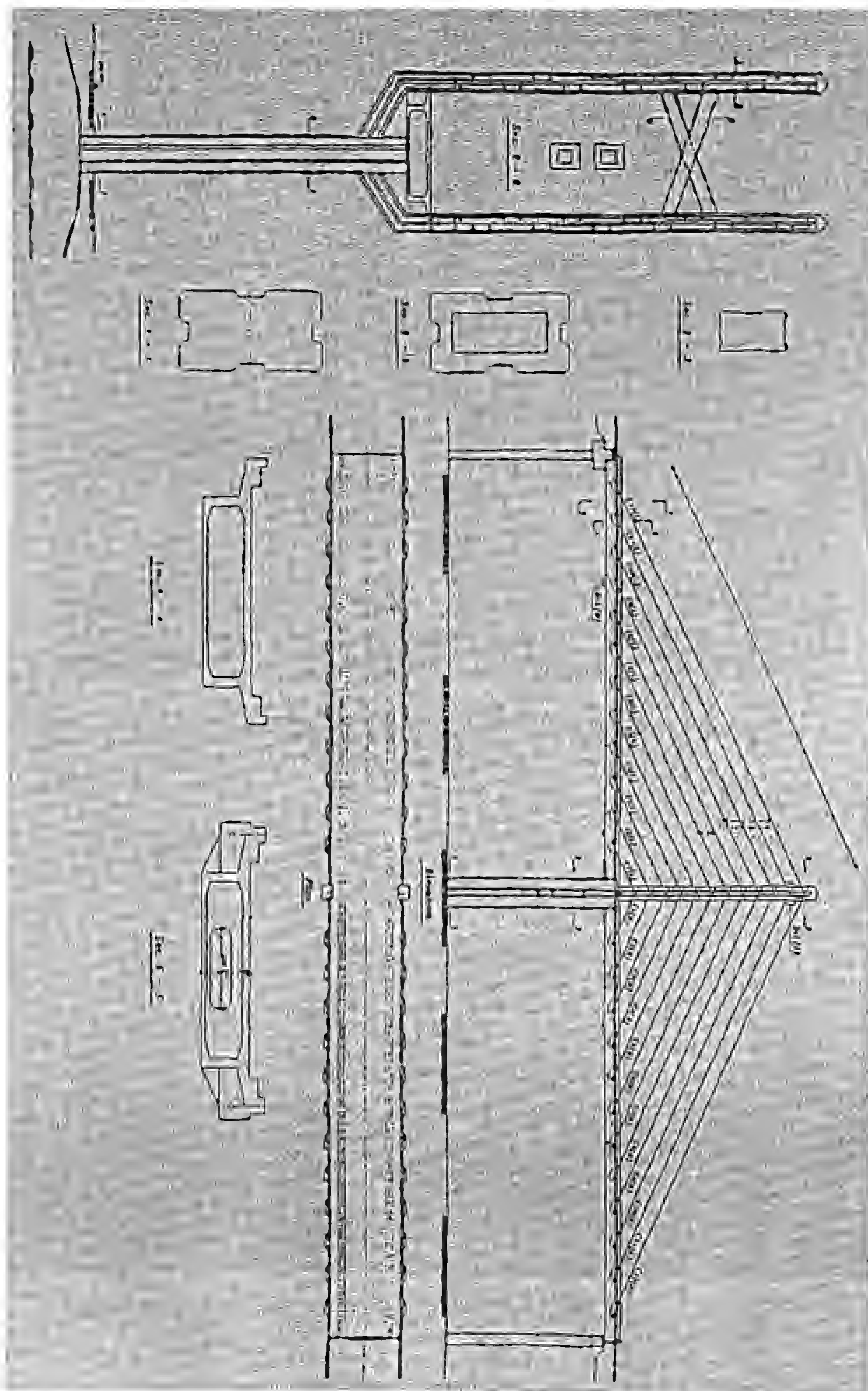
عملية الأنشاء :

أنشاء الأرتكلز (البايلون) Pylon :

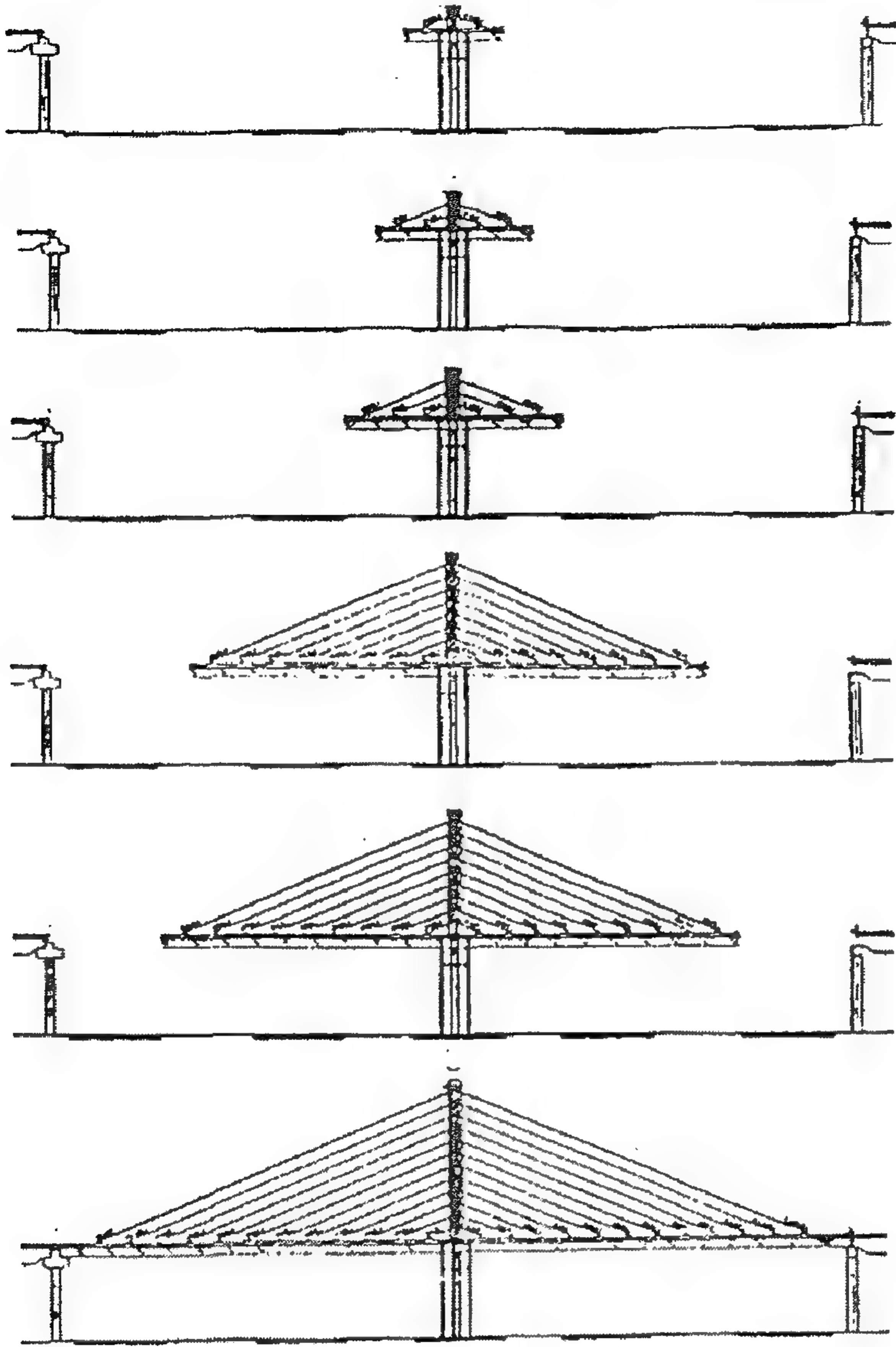
تنفذ الأعمدة الحاملة باستخدام الشدة المنزلقة لسرعة الأنجاز . تثبت بها مواسير تسمى Recess tube ثم تثبت بها الكابلات الحاملة لقطاع الكوبري . يتم ضبط زوايا هذه المواسير الرأسية والأفقية والأرتفاعات باستخدام جهاز ليزر دقيق Disto lot laser . والأرتكاز عبارة عن عامود في وسط الكوبري ويرتفع عن الأرض (في كوبري غمرة) مسافة ٥٠ متر تم تنفيذها علي هذا الأرتفاع الشاهق بواسطة تكتيك الشدات المنزلقة - شكل (٣٧) .

يتكون الكوبري المعلق من الأجزاء التالية :

- ١ - ينفذ جسم الكوبري باستخدام العربات المتحركة علي أجزاء Segments طولها = ٥ متر .
- ٢ - ينفذ أول جزء من جسم الكوبري بالشدات المعدنية التقليدية بطول ٤,٣٥ متر وهو بداية لتجميع وتركيب العربات المتحركة المستخدمة في تنفيذ جسم الكوبري .
- ٣ - يتم تركيب العربات المتحركة وتثبيت في أماكن تثبيتها . تجهز أعمال الحدادة و النجارة و تضبط المواسير .
- ٤ - تصب البلاطة السفلية والكمر باستخدام خرسانة ذات أجهاد ٤٠٠ كجم / سم^٢ بعد ٢٨ يوم .
- ٥ - تنفذ النجارة والحدادة للبلاطة العلوية ثم نصب الخرسانة .
- ٦ - تجهز كابلات الصلب الحاملة ذات الأجهاد العالي وتقطع طبفا للمقاسات ويتم تجميعها داخل ماسورة من البولي إيثيلين ثم تركيب نهايات التثبيت .
- ٧ - يتم رفع الكابل الحامل للكوبري وتركيبه في الموضع الخاص به . يتم تركيب ٢ كابل حامل لكل جزء خرساني (الطول = ٥ متر) .
- ٨ - نبدأ عملية شد الكابلات بواسطة رافعة هيدروليكية حتي فوة الشد التصميمية - شكل (٣٨) .
- ٩ - يتم تحريك العربة الي الجزء التالي .
- ١٠ - يتم حقن الكابلات بمادة حقن خاصة .



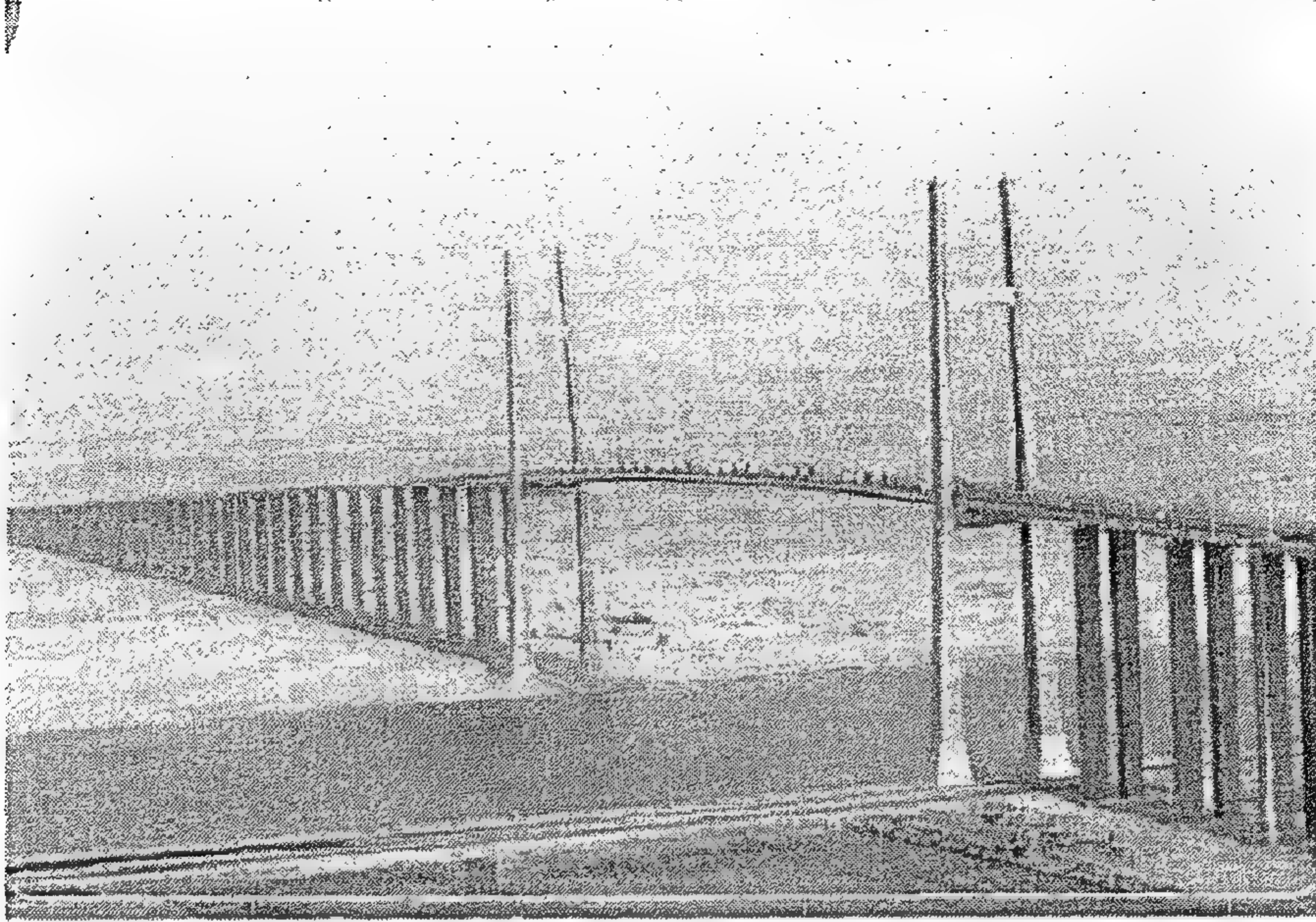
شكل (٣٧) تفاصيل البايلون والكوبري المعلق



شكل (٣٨) توالي التنفيذ في الكوبري المعلق

مناذج للكبارى المتعلقة اتمتميزة فى العالم :

١ - كوبرى مبارك المعلق فوق قناة السويس

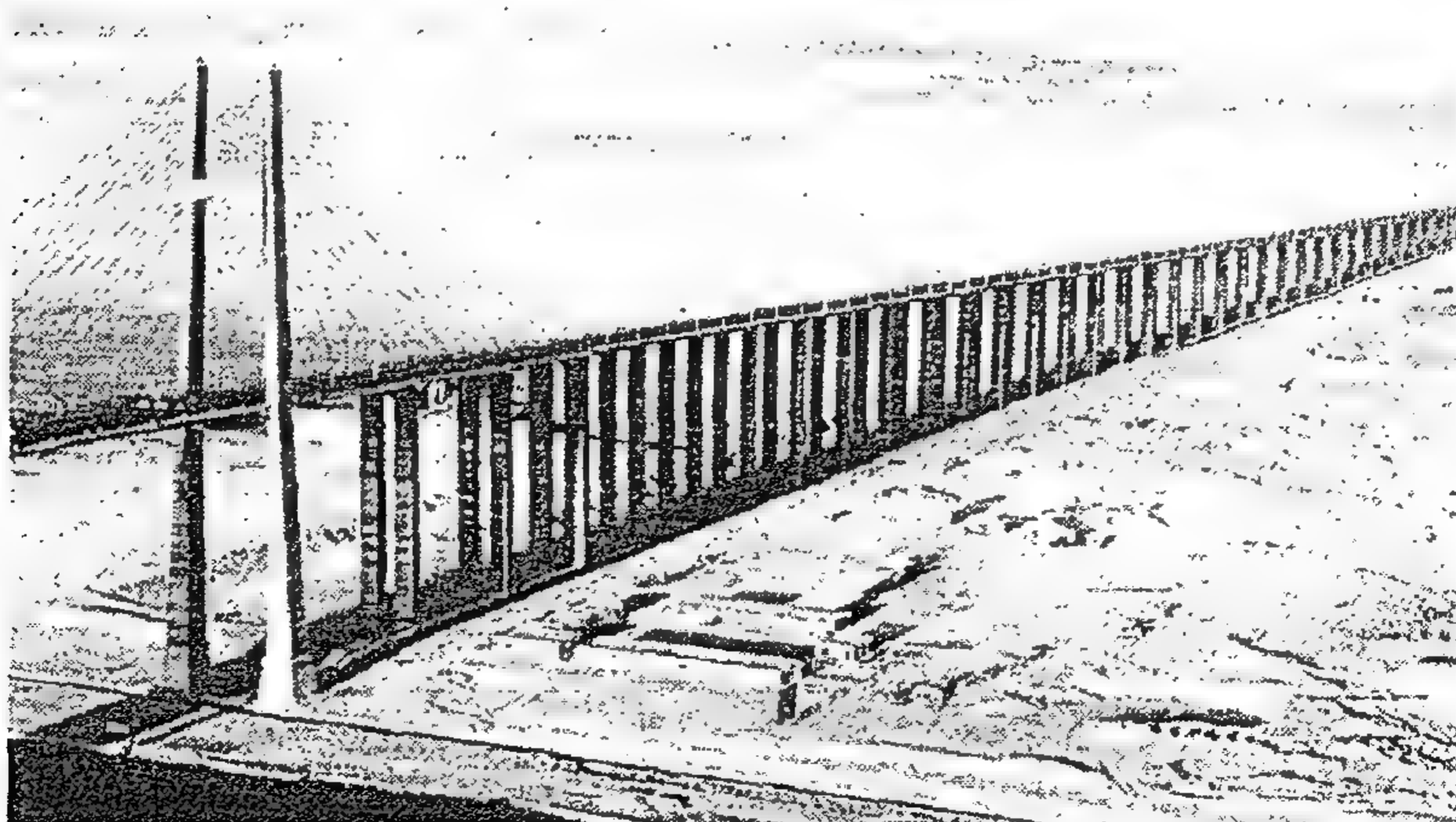
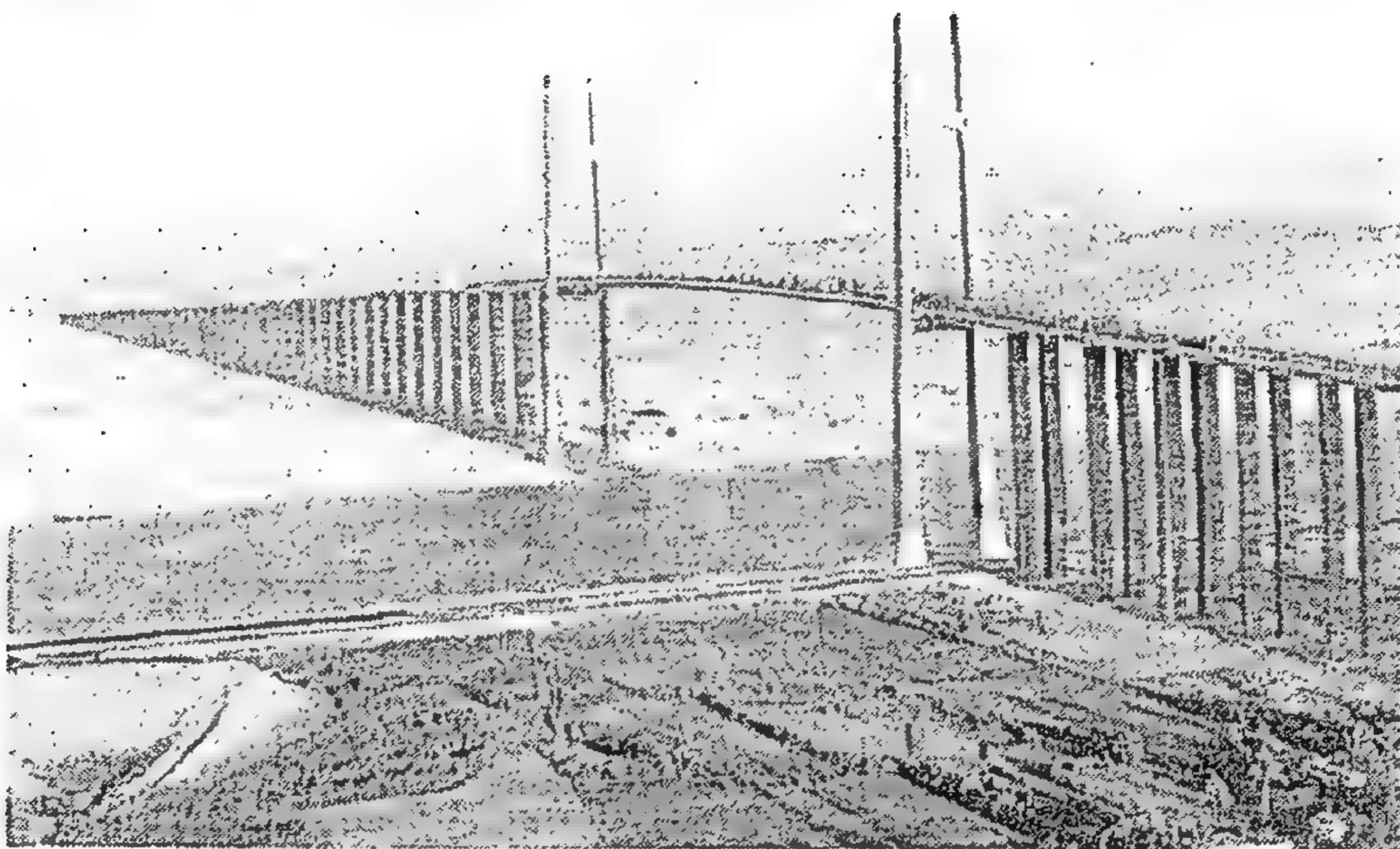
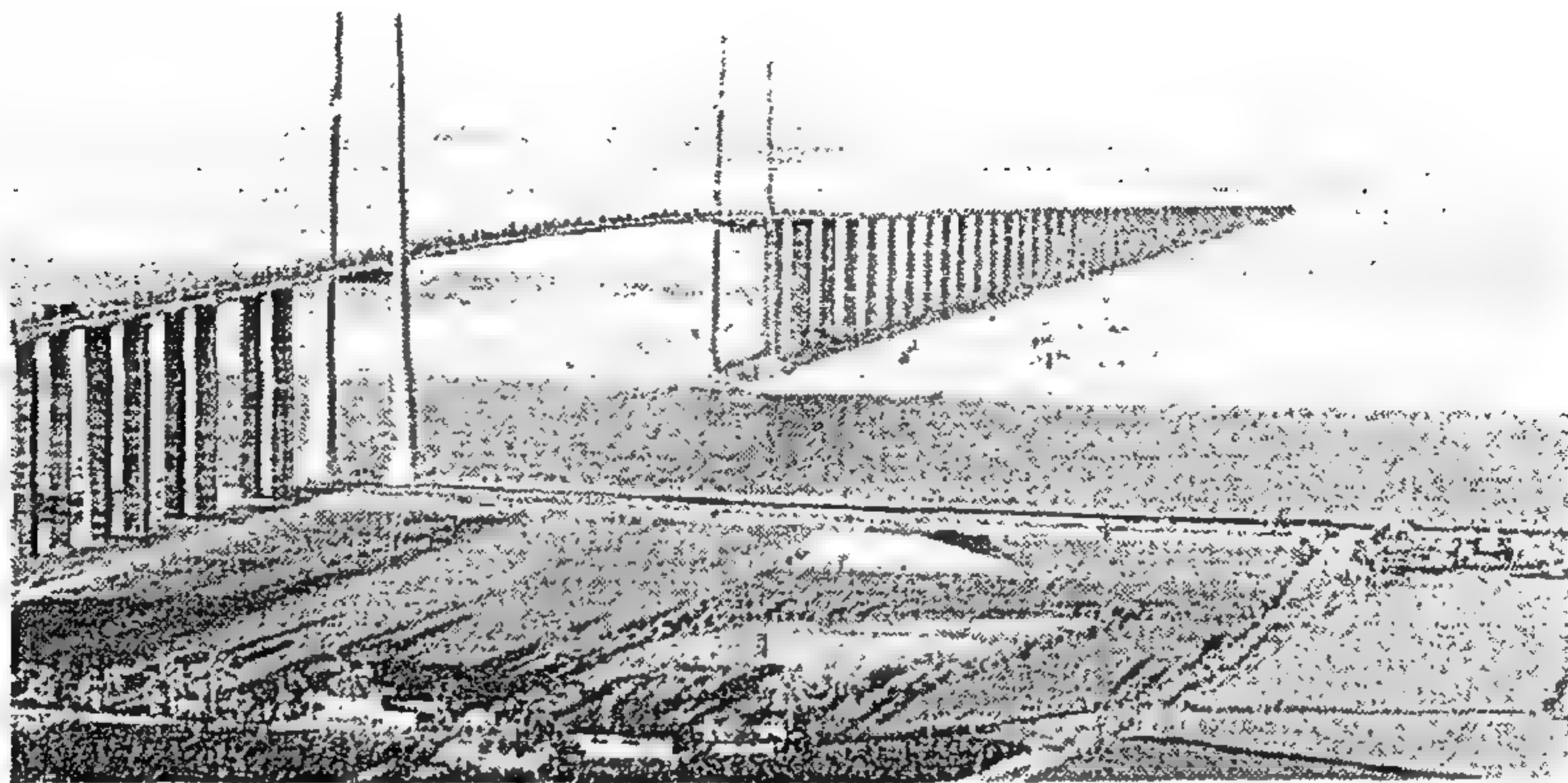


شكل (٣٦)

كوبرى مبارك المعلق فوق قناة السويس

- الطول الأجمالى
- = ٩ كيلومتر : خمسة كيلومترات على اليابسة وأربعة كيلو مترات جسر معلق .
- التكلفة
- = ٦٠٠ مليون جنيه مصري ، قامت اليابان بتمويل ٦٠% و جمهورية مصر ٤٠% .
- عرض الكوبرى = متر .
- أكبر فتحة ملاحية على مجرى القناة = ٤٠٤ متر .
- الارتفاع فوق سطح الماء = ٧٠ متر .
- تاريخ البناء = عام ٢٠٠١ .







كوبري مبارك علي قناة السويس

٢ - كوبري ٦ أكتوبر - غمرة - القاهرة :



كوبري ٦ أكتوبر - غمرة - القاهرة

= ١٣٤ متر .

الطول الأجمالي

= ١٠,٩ متر .

عرض الكوبري

= ١٩٩٨ عام .

تاريخ البناء

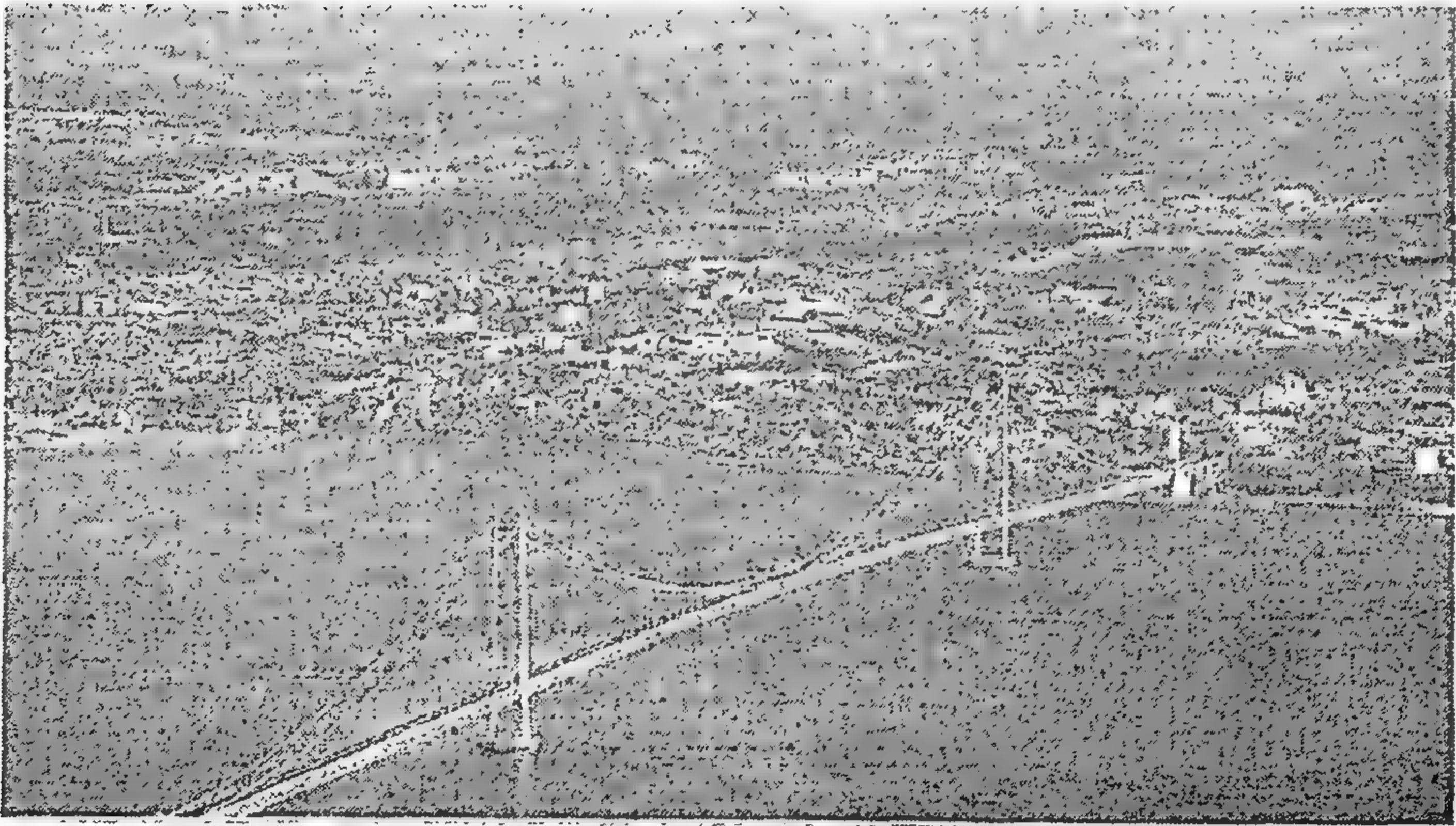
٣ - كوبري جولدن جيت المعلق - سان فرانسيسكو - الولايات المتحدة الأمريكية :



كوبري جولدن جيت - سان فرانسيسكو - أمريكا

الطول الأجمالي	= ٢٧٤٠ متر .
أكبر فتحة ملاحية	= ١٢٨٠ متر .
عرض الكوبري	= ٢٧ متر .
الارتفاع فوق سطح الماء	= ٦٧ متر .
تاريخ البناء	= عام ١٩٣٧ .

٤ - كوبري أكاشي كايوكو - اليابان :

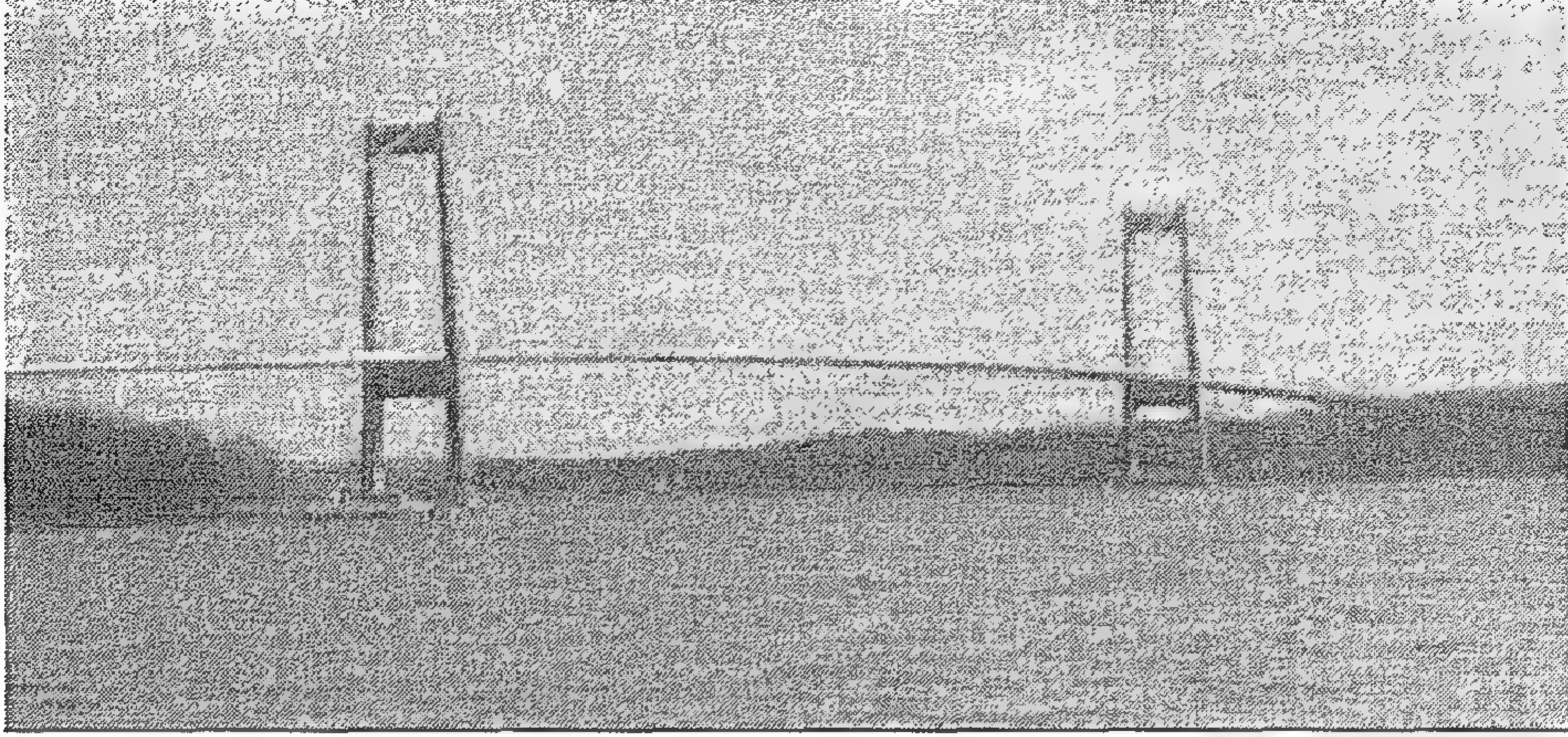


كوبري أكاشي كايوكو - اليابان

الطول الأجمالي	= ٣٩١١ متر .
أكبر فتحة ملاحية	= ١٩٩١ متر .

- عرض الكوبري = ٦ حارات طرق .
الارتفاع فوق سطح الماء = ٦٥,٧٢ متر .
تاريخ البناء = ١٩٩٨ .

٥ - كوبري ليتل بلت - الدنمرك :



كوبري ليتل بلت - الدنمرك

- الطول الأجمالي = ١٧٠٠ متر .
أكبر فتحة ملاحية = ٦٠٠ متر .
الارتفاع فوق سطح الماء = ٤٤ متر .
تاريخ البناء = عام ١٩٧٠ .

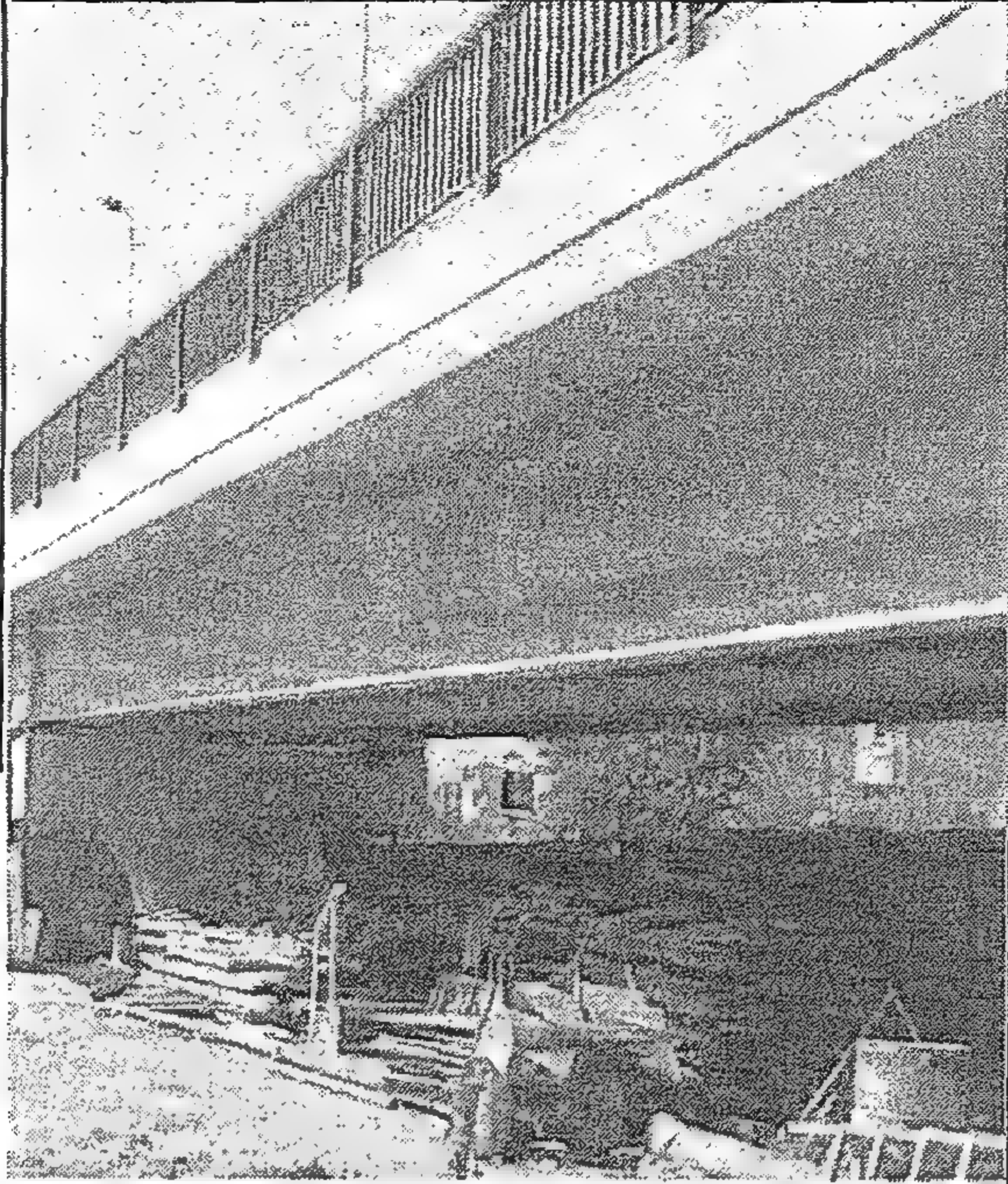
المراجع

- ١ - كتالوجات شركة المقاولون العرب .
- ٢ - معهد التدريب الفني والمهني - شركة المقاولون العرب .
- ٣ - كتالوجات شركة ليفت سلاب مصر .

3

الإنشاءات المتميزة

ديار بكر و اشتا



الباب التاسع عشر

الخرسانة سابقة الأجهاد

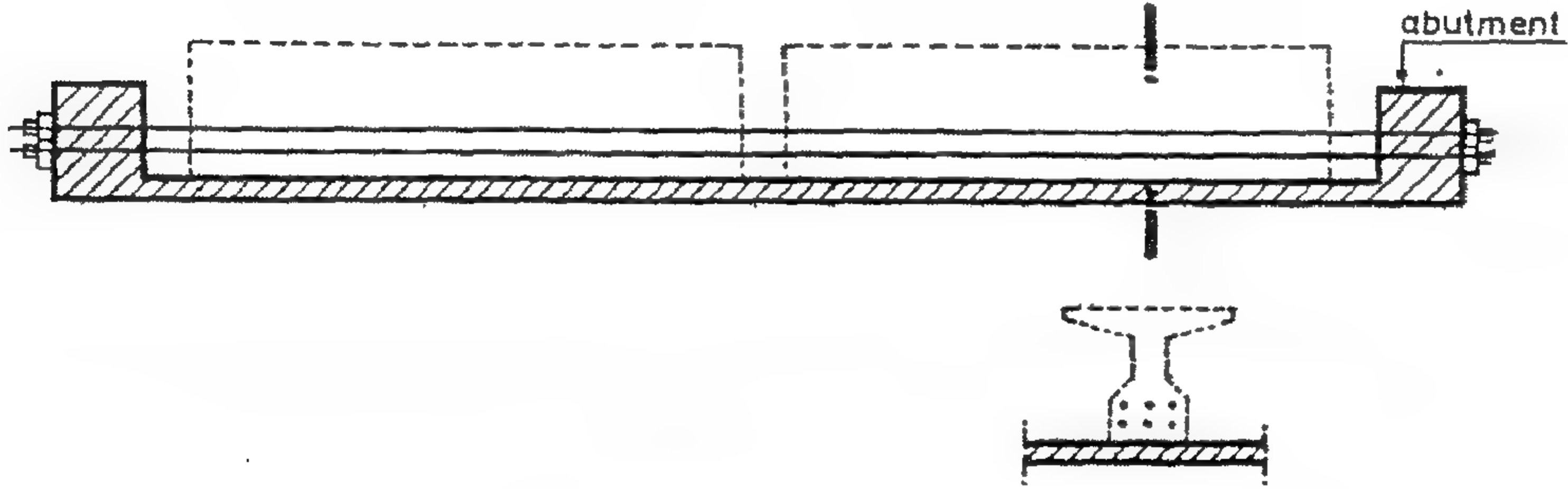
الخرسانة سابقة الأجهاد

في غالبية الكباري الخرسانية وخاصة الكباري ذات البحور الواسعة Spans تستخدم الخرسانة سابقة الأجهاد ، وهي خرسانة خاصة فائقة القوة ولذلك يتم إعطاء أهمية قصوي في صناعة هذه الخرسانة من حيث اختيار المواد وتصنيعها وأختبارها . . .

أنظمة الخرسانة سابقة الأجهاد :

١- خرسانة ذات شد مسبق Pre-tensioned .

يتم شد الكابلا بين دعامتين (أكثاف قوية) منفصلتين باستطالة محسوبة في التصميم- شكل (١) قبل صب الخرسانة داخل الفرم . بعد الصب ووصول الخرسانة الي كامل قوتها ، يتم قطع الكابلات . بسبب محاولة رجوع الكابل الي وضعة الأصلي فإن ذلك يسبب ذلك قوة كبري في الكابل (ناتج من قوة تماسك الخرسانة مع الكابل) تنتقل الي الخرسانة مسببة سبق الأجهاد .



شكل (١) الشد المسبق

٢ - خرسانة ذات شد لاحق Post-tensioned .

وفيه يتم شد الكابلات بعد صب الخرسانة وتصلها ووصولها الي درجة مقاومة عالية . يمكن أيضا تطبيق نفس النظام علي الخرسانة سابقة الصب .

عناصر عملية سبق الأجهاد :

أولا : الخرسانة المسلحة سابقة الأجهاد :

نظرا لقوي الشد الهائلة المتولدة من الكابلات ، فإنه يقابلها قوي ضغط فائقة علي العضو الخرساني والذي يجب تنفيذه بأقصى كفاءة ممكنة :

- الأسمنت : يستخدم الأسمنت العادي أو سريع التصلد أو المقاوم للكبريتات أو البورتلاندي منخفض الحرارة أو البورتلاندي الأبيض . لا يسمح باستخدام أسمنت مضى عليه ٤ أسابيع في المخزن حتي لو كان التخزين سليما حيث يفقد الكثير من قوته . يجب إجراء اختبارات صلاحية عليه قبل أستخدامه .

- يجب أن يكون الركam متدرجا وخاليا من المواد الضارة بالخرسانة أو صلب التسليح ، وأن لا تقل نسبة الرمل عن ٤٠% من الركam الشامل في خرسانة الضخ .

- لا يزيد المقاس الاعتباري الأكبر للركam عن ٢٥ مم في الخرسانة سابقة الأجهاد .
- لا يقل معايير النعومة للركam الصغير عن ٢,٦ في الخرسانة سابقة الأجهاد .
- تعالج الخرسانة ٤ أسابيع كاملة .

رتبة الخرسانة هي مقاومة الضغط المميزة للخرسانة سابقة الأجهاد .

٦٠	٥٥	٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	رتبة الخرسانة المسلحة (ن/ مم ٢)
----	----	----	----	----	----	----	---------------------------------

١٠ نيوتن = ١ كجم قوة .

ثانيا : صلب التسليح للخرسانة سابقة الأجهاد :

ينتج هذا الصلب عالي المقاومة بأشكال متعددة هي :

- ١ - أسلاك الصلب عالية المقاومة (منتجة بالسحب علي البارد) .
- ٢ - جدائل الصلب عالي المقاومة - وهي مكونة من عدة أسلاك مجتمعة .
- ٣ - أسياخ الصلب عالي المقاومة .

تكون علي هيئة لفف وبوزن متوسط ٢,٧ طن .

عند تجميع عدة أسلاك أو جدائل في مسار واحد يطلق علي المجموعة حزمة أو كابل.
جدول (١) يوضح الاشتراطات الفنية لبعض الجدائل الشائعة :

جدول (١)

البيانات الفنية لمعظم جدائل الصلب المشهورة لبعض الدول

الحمل الاقصي	الحمل			الوزن كجم/م	مساحة المقطع مم ²	القطر مم	رتبة الصلب (الجدائل)		المواصفات القياسية لبعض الدول
	حد المرونة 0.01%	حد الخضوع							
		0.1%	0.2%						
KN	KN	KN	KN						
160.1	-	1)136.2	-	0.73	92.9	12.7	Grade 250	0.5"	ASTM USA
183.7	-	1)156.1	-	0.775	98.7	12.7	Grade 270	0.5"	
240.2	-	1)204.2	-	1.094	139.3	15.24	Grade 250	0.6"	
260.7	-	1)221.5	-	1.102	140	15.24	Grade 270	0.6"	
164	-	139	-	0.73	93	12.5	1770 Standard	0.5"	British Standard
186	-	158	-	0.785	100	12.9	1860 Super	0.5"	
232	-	197	-	1.090	139	15.2	1670 standard	0.6"	
265	-	225	-	1.18	150	15.7	1770 Super	0.6"	
165	2) 126	-	146	0.73	93	12.5	St 1570/1770		German Certificat e of Approval
177	2) 135	-	157	0.785	100	12.9	0.5"		
248	2) 189	-	220	1.10	140	15.3	St1570/1770		
354	3) 230	-	314	1.57	200	18.3	0.52"		
							St 1570/1770	0.6"	
							St 1570/1770	0.7"	
164	-	139	144	0.73	93	12.5	1770 Standard		Euro Norm
173	-	147	152	0.73	93	12.5	1860 Standard		
186	-	158	163	0.785	100	12.9	1860 Super		
232	-	197	204	1.09	139	15.2	1770 Standard		
246	-	209	216	1.09	139	15.2	1770 Standard		
265	-	225	233	1.18	150	15.7	1770 Super		
173	-	154	-	0.73	93	12.5	T 13-1860		French Certificat e of Approval
186	-	166	-	0.785	100	12.9	T 13 S -1860		
246	-	220	-	1.09	139	15.2	T 15-1770		
265	-	236	-	1.18	150	15.7	T 15 S-1770		
165	-	-	140	0.735	93	12.4	12.7 N		NBN Belgium
173	-	-	147	0.735	93	12.4	12.7 S		
182	-	-	154	0.780	99	12.8	12.7 Z		
229	-	-	194	1.10	140	15.3	15.2 N		
240	-	-	204	1.10	140	15.3	15.2 S		

الإنشاءات المتميزة إنشاء الكبارى

173	-	150	-	0.73	93	12.5	Fep 1860	NBN
186	-	160	-	0.785	100	12.9	Fep 1860	Netherlan
246	-	221	-	1.09	139	15.2	Fep 1770	ds
265	-	243	-	1.18	150	15.7	Fep 1770	
177	113	-	157	0.785	100	12.9	St 1570/1770 lg	OENOR
248	158	-	220	1.10	140	15.3	St 1570/1770 lg	M

ملاحظات :

معامل المرونة لكل الجداول = ١٩٥٠ نيوتن / مم ٢ .

١ يعني الحمل عند أستطالة = ١ % .

٢ الجديلة في وضع أسترخاء بسيط .

٣ الجديلة في وضع أسترخاء عادي .

ملاحظات :

١ - يراعي أن تكون الكابلات أو الجداول التي سيتم شدّها في عملية واحدة و من شحنة واحدة .

٢ - لا يسمح باستخدام الكابلات الملتوية أو الجداول المفككة .

ثالثا : أجربة الجداول Tendon Ducts :

تكون الأجربة من الصاج (المجلفن أو العادة) ومن مادة غير قابلة للصدأ وأن تكون متينة بحيث تقاوم ضغط الخرسانة والحقن ولا يسمح بوجود نغير فجائي علي القطر .
تورد هذه المواسير بطول ٦ متر ويتم توصيل بعضها ببعض بواسطة وصلة صاج أو بلاستيك . تزود هذه الأجربة بفتحات للتهوية علي مسافات لا تزيد عن ١٥ متر -
جدول (٢) .

يتم التفتيش علي الأجربة للتأكد من سلامة وصلاتها خاصة الوصلة بينها وبين رؤوس التثبيت كما يتم التأكد من عدم وجود أية إنسدادات وذلك بأدخال هواء مضغوط داخل هذا الجراب . توضع هذه الأجربة بحيث يكون المسافة بين أي جرابين لا تقل عن ضعف القطر الداخلي للماسورة .

يجب أن يزيد القطر الداخلي للجراب عن قطر الكابل بمقدار ٦ مم علي الأقل ، وألا تقل مساحة الجراب من الداخل

عن مرتين ونصف من مساحة مقطع الكابلات .

جدول (٢)

الأقطار الداخلية لمواسير الحقن والتهوية

أقل قطر داخلي لمواسير الحقن والتهوية (مم)		عدد الأسلاك والجدائل المكونة للكابل	نوع صلب سبق الأجهاد
مواسير التهوية	مواسير الحقن		
٢٠	٢٠	٩ - ٣٠	أسلاك قطر ٧ مم . (7mm Wires)
٢٠	٢٦	٥٤	
٢٦	٣٣	٨٤	
٢٠	٢٠	٧	جدائل (Strands) قطر أسمي ١٢,٥ مم أو ١٢,٩ مم .
٢٠	٢٠	١٢	
٢٠	٢٦	١٨	
٢٦	٣٣	٣١	
٣٣	٤٠	٥٥	
٢٠	٢٠	٥	جدائل (Strands) قطر أسمي ١٥,٢ مم أو ١٥,٧ مم .
٢٠	٢٠	٨	
٢٠	٢٦	١٢	
٢٦	٣٣	١٩	
٣٣	٤٠	٣٧	

يجري تثبيت الأجرية في مواضعها بكل دقة ويسمح بخطأ بمقدار ٥ مم للقطاعات الكبيرة و ٢ مم للقطاعات الصغيرة والبلاطات .

رابعاً : امواسير البلاستيك داخل الأجرية Mandrill Pipes :

وهي مواسير قوية من البلاستيك تتركب داخل المواسير الصاج لكي تصب حولها الخرسانة ، ثم تسحب المواسير البلاستيك مكونة فراغ تدكك منه الوايرات .

خامسا : رؤوس التثبيت Anchorage :

وهو الخاص بنقل الحمل من الكابل أو الجذيلة الي الي العضو الخرساني . يراعي في تصميمها أن تسمح بتوزيع الأجهادات توزيعا منتظما في نهاية العنصر الخرساني وأن تحفظ قوة سبق الأجهاد مؤثرة .

الخابور Wedge :

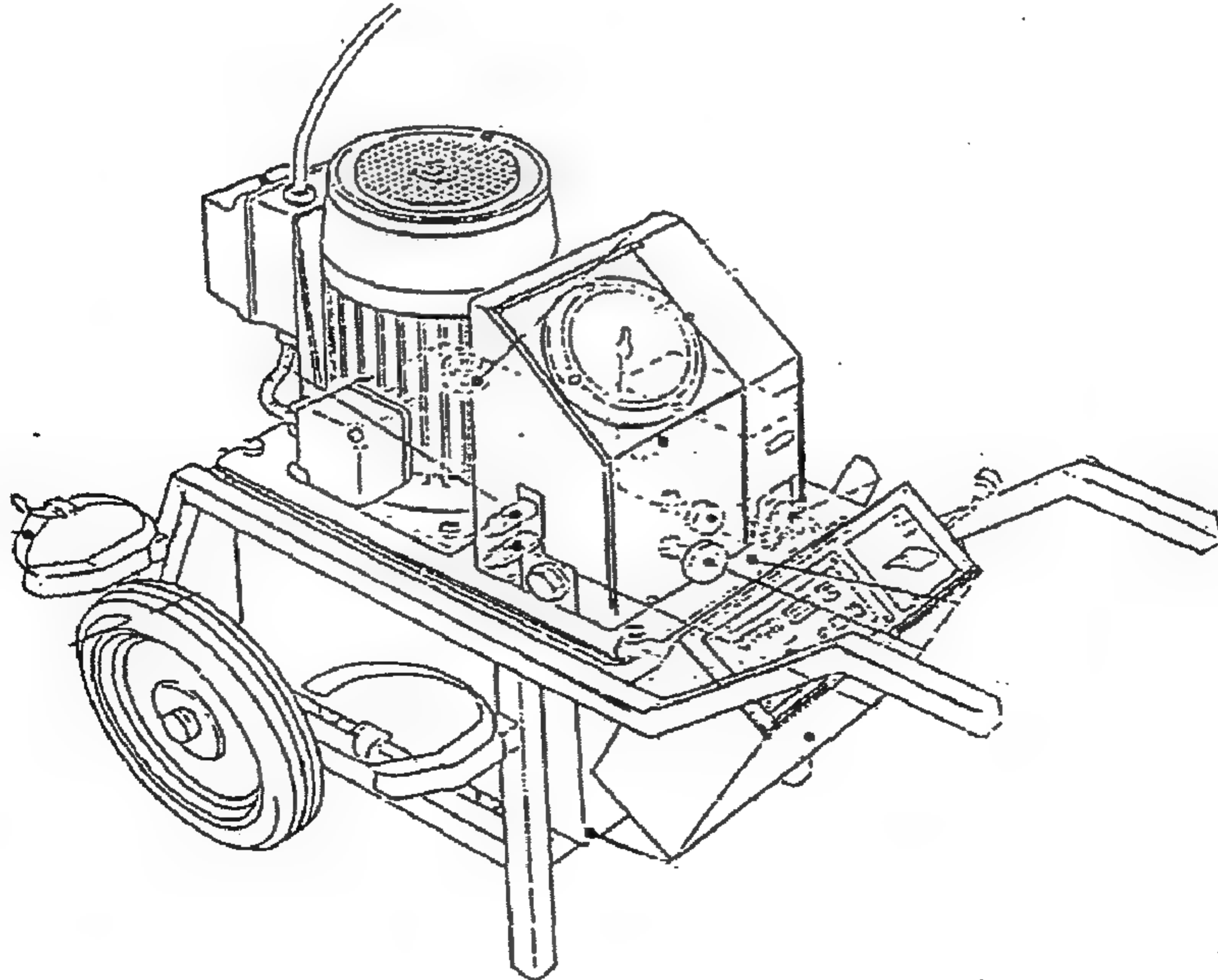
يتكون من ثلاثة فصوص مشرشرة أو فسان طبقا للنظام المستعمل . وترتبط الفصوص مع بعضها بسلك دائري للحفاظ عليها كمجموعة واحدة .

سادسا : المعدات الهيدروليكية :

وهي معدات تركيب وشد الكابلات وكذلك عملية الحقن وهي :

١ - طلمبة الهيدروليك :

هي طلمبة محمولة علي شاسيه و عجل لسهولة التشغيل في موقع العمل - شكل (٢) . ولها محرك كهربائي بقدرة مناسبة - طلمبة هيدروليكية - مداخل ومخارج لزيوت الهيدروليك المستخدم - فلتر لتنقية الزيت - أذرع التشغيل والتحكم

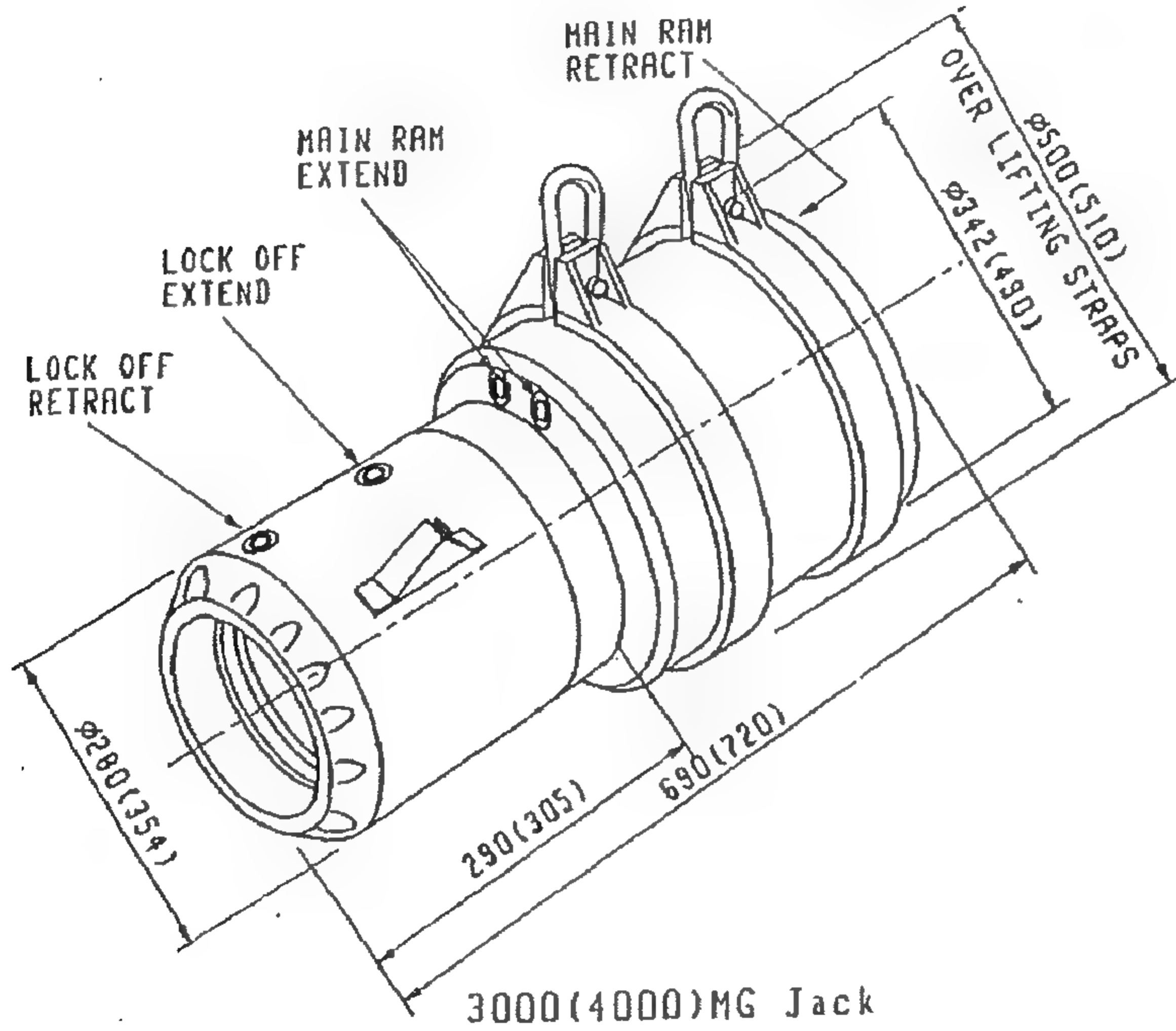


شكل (٣) ماكينة الهيدروليك

٢ - كوريك الشد :

يختلف من واحد الي آخر حسب عدد الكابلات وقطرها وقوة الشد . يصنع من سبيكة خاصة كي يتحمل الضغوط الكبيرة التي يتعرض لها . يتصل بالكوريك خرطوم الضغط العالي الواسلة من طلمبة الهيدروليك .

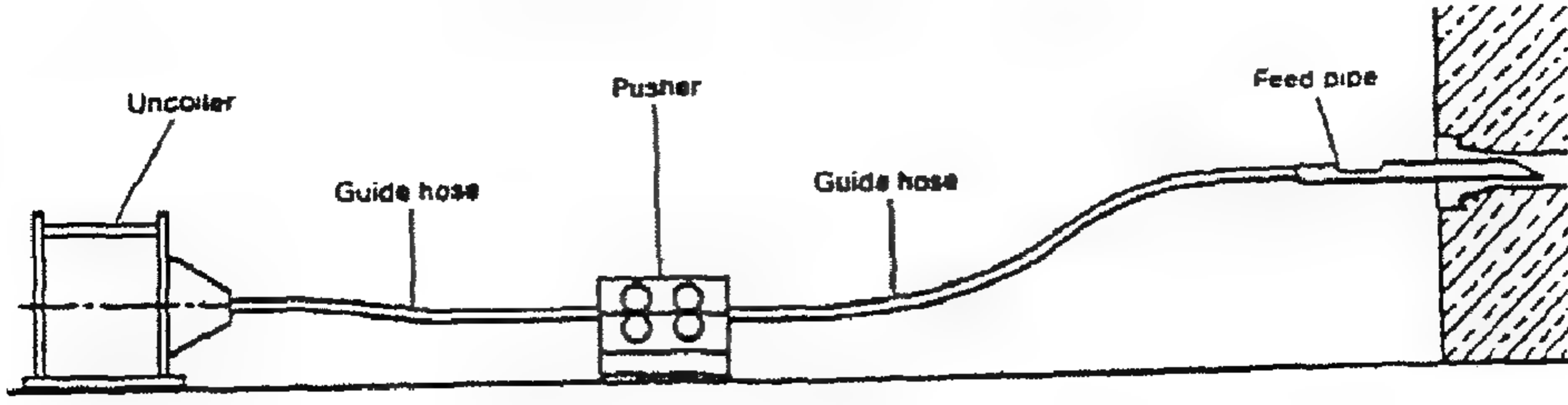
ويتكون الكوريك من أسطوانتين مفرغتين تتحركان في اتجاهين متضادين ، تعمل الأسطوانة الأولى في اتجاه الشد والأسطوانة الأخرى مركب في نهايتها طبق به فتحات مخروطية يركب عليها خوابير الشد ووضعها في مكانها - شكل (٤) .



شكل (٤) كوريك الشد

٣ - ماكينات تدكيك الكابلات :

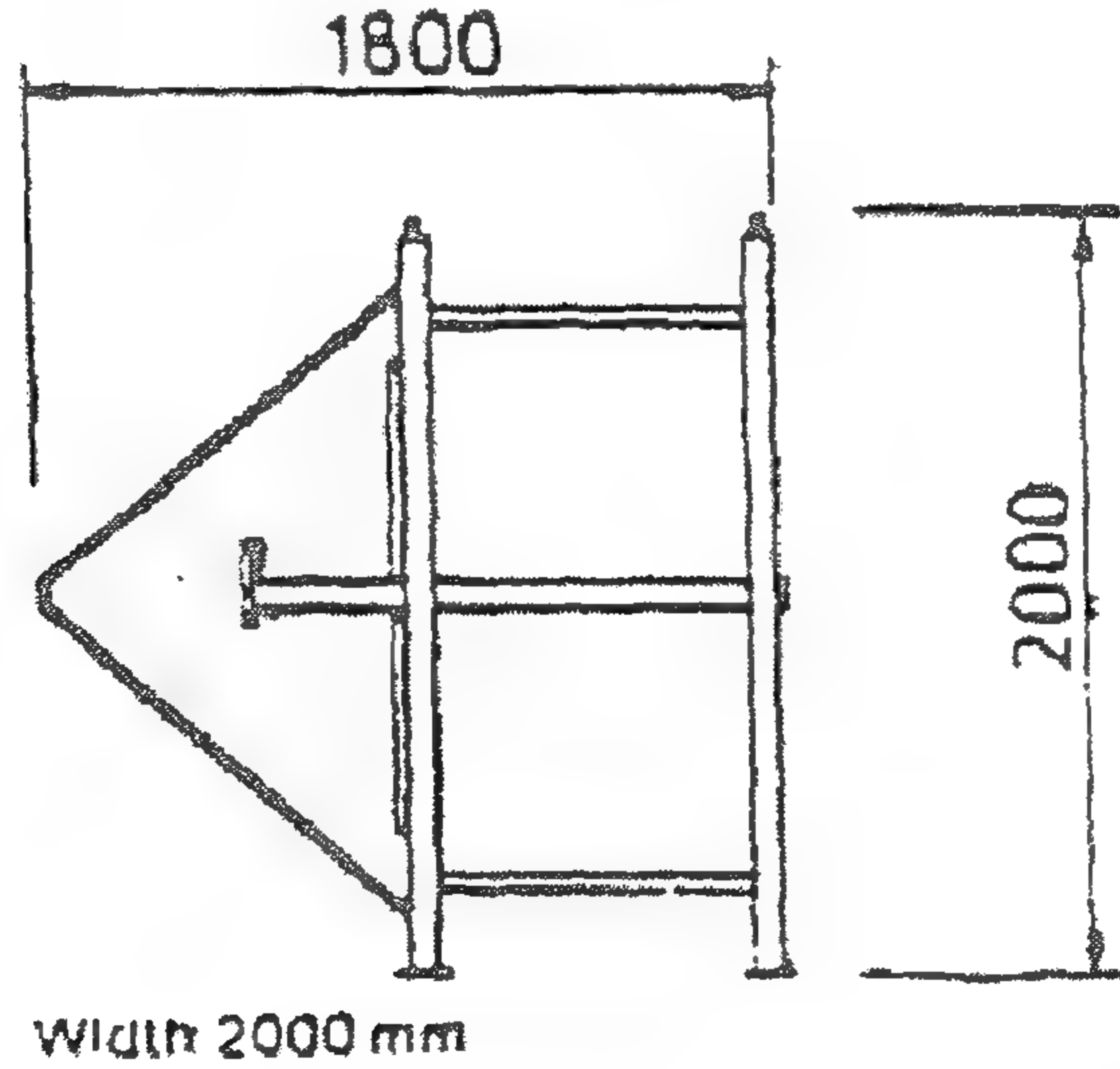
يلزم العمل في تدكيك الكابلات في داخل الماسورة ، قوة كبيرة حيث يتم تدكيك مجموعة من الكابلات قد تصل ١٩ كابل أو يزيد وقد تصل الأطوال الي عشرات الأمتار ، ولذلك يستعان بماكنة تعمل هيدروليكيًا أو ميكانيكيًا لدفع الكابلات في مكانها . يقوم المحرك بتشغيل مجموعة من الدرافيل المتلاصقة تقوم بدفع الكابل داخل المواسير - شكل (٥) .



شكل (٥) ماكينة تدليك الكابلات

٤- حامل بكرة الكابلات :

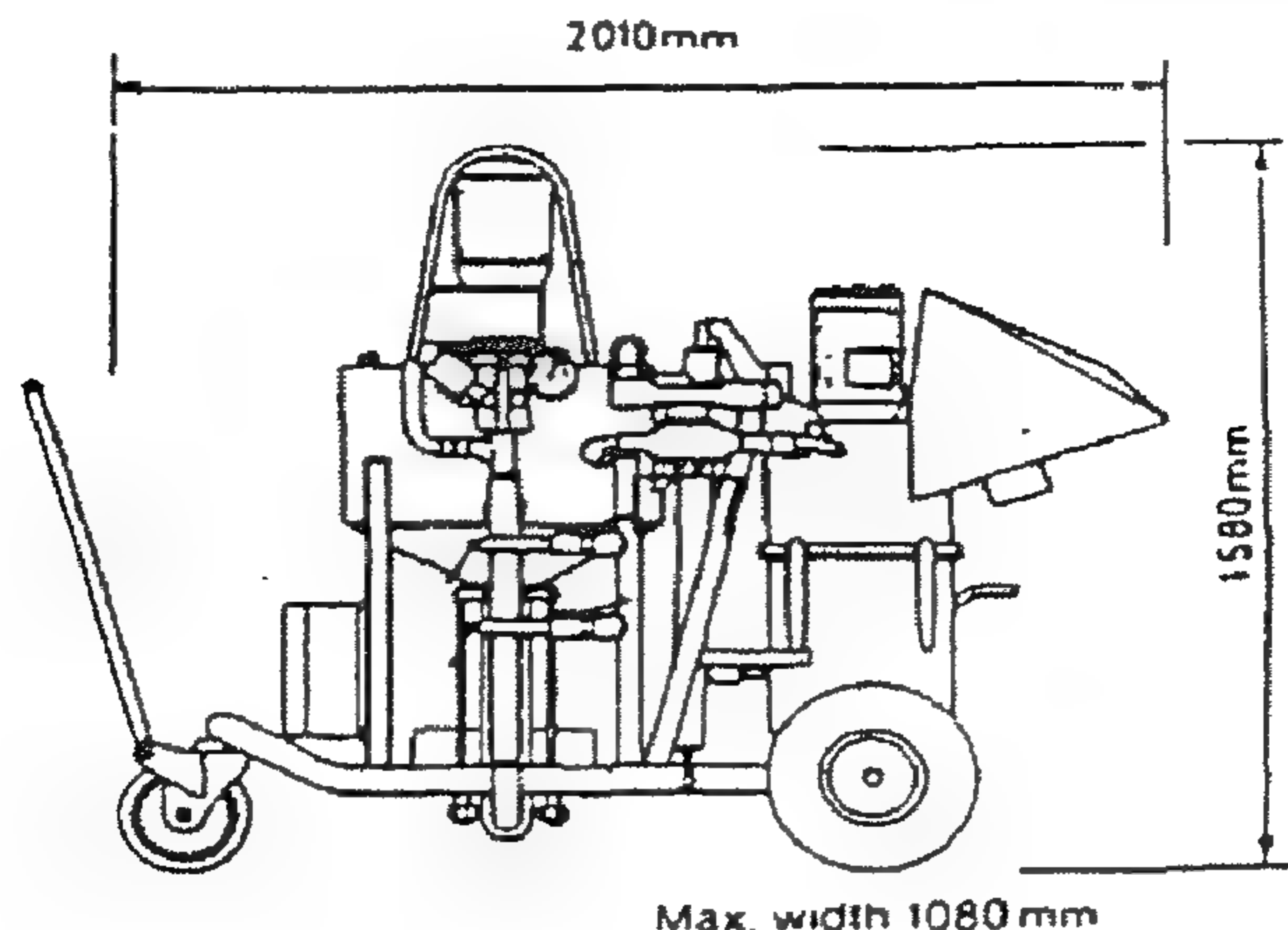
تكون الكابلات ملفوفة علي هيئة بكرة يصل وزنها الي ٢,٥ طن . هذه الكابلات مصنوعة من صلب عالي المرونة . لذلك لزم الأمر في وجود حامل لهذه البكرة لسهولة سحب الكابل وتدكيكه داخل المواسير - شكل (٦) .



شكل (٦) حامل الكابلات

٥- طلمبة حقن المونة :

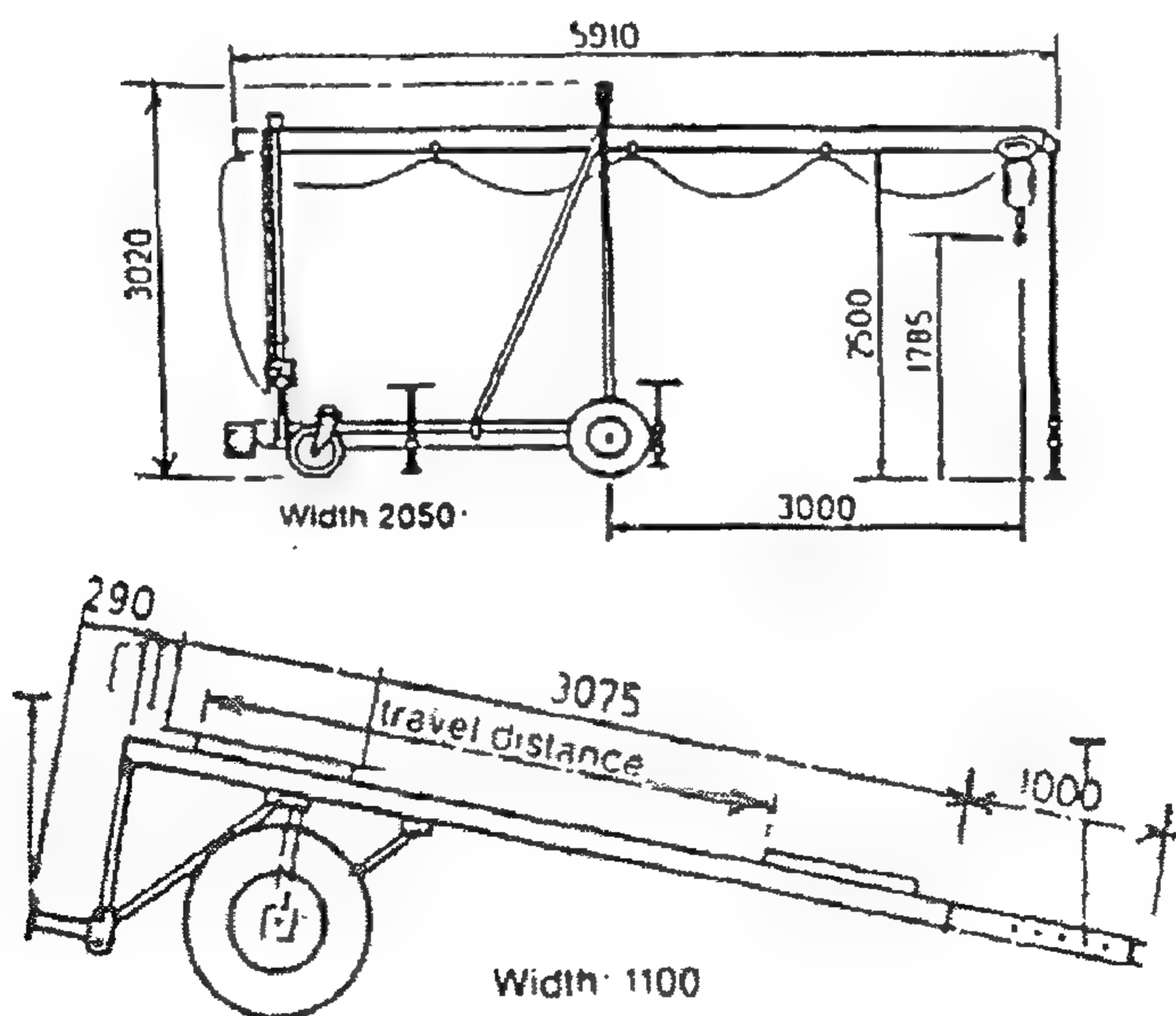
هذه الطلمبة مزودة بخلاط للمونة سعة حوالي ٤٥ لتر مكعب ثم طلمبة حقن تعمل علي ضغط مرتفع لدفع المونة الي المواسير بعد تمام عملية الشد . يقوم بتشغيل هذه الطلمبة محرك كهربائي مناسب - شكل (٧) .



شكل (٧) ماكينة الحقن

٦ - حامل كوريك الشد :

تكون أوزان هذه الكواريك كبيرة وقد تصل ١٥٠٠ كجم . ولسهولة الاستخدام ، يستخدم حامل الكوريك . مصنع من كمر حديد ومزود بونش صغير حمولته حتى ٥ طن . يعمل يدويا أو بالكهرباء كما أن هذا الحامل مزود بعجل لتسهيل الحركة - شكل (٨) .



شكل (٨) حامل كوريك الشد

٧ - بعض المعدات الأخرى المساعدة بالورشة مثل مخرطة الكابلات وماكينات تصنيع المواسير .

عملية شد الكابلات Applying of Pre stressing

- ١ - يتم تجهيز المواسير بالورشة حسب الأقطار المطلوبة .
 - ٢ - يتم تخطيط أماكن كراسي الكابلات حتي يتحدد شكل المنحني للكابل Profile وذلك عن طريق الأحداثيات X, Y, Z .
 - ٣ - يتم لحام الكراسي الحديدية (وتفضل أن تكون من الحديد المشرشر حتي لا تزلق المواسير علي الحديد الأملس) في أماكنها المخططة وترص المواسير من أسفل الي أعلى وتتصل المواسير ببعضها مستخدمين وصلة بقطر أكبر وبطول ٣٠ سم مع الحرص ألا تكون هناك أي كسرات .
 - ٤ - يتم تركيب الجراب Anchor Casing في الفرمة الخشبية Former Pocket الذي يكون عادة من الخشب ويثبت في الخشب مسامير مشحمة حتي يسهل فكها بعد ذلك مع أخذ هذا الجيب الميول المناسبة لدخول الكابل وكذلك الأخذ في الاعتبار أبعاد الكوريك التي تمكنه من الدخول للوايرات أثناء تركيبه في أعمال الشد .
 - ٥ - يتم وصل مواسير الجراب عن طريق مخروط صاج أو بلاستيك حسب النظام المتبع ، تلف الوصلات بشريط لحام جيد ويراجع دائما .
 - ٦ - عملية التدكيك : وفيها تتركب الوايرات علي الحامل وتصل بداية الكابل بماكينه التدكيك . في مقدمة الكابل يتم تركيب قطعة معدنية مخروطية الشكل تسمى (الطلقة) تنطلق داخل الماسورة وتخرج من الناحية الأخرى وتقف عملية التدكيك و يقطع الكابل بصاروخ قطعية .
 - ٧ - تتركب خراطيم الحقن في مكانها عند النهايات والمناطق العالية من الكابل .
 - ٨ - تثبت الكابلات فوق الكراسي كل ١ متر بحد أقصى بسلك رباط مزدوج مع تثبيتها بأسياخ خفيفة حتي لا تعوم مع صب الخرسانة .
- التجهيز لعملية الشد :
- أ - تزال الفرمة الخشبية Pocket Former بعد أنتهاء الصب بيوم .

ب - يوضع بلتة الخوابير Wedge Plate في موضعها مع مراعاة عدم تقاطع الويرات مع بعضها .

ج - بعد تكسير مكعبات الخرسانة للتأكد من وصولها للأجهادات المطلوبة يتم وضع الخوابير في كل واير مع تشحيم الخوابير مع الدق الخفيف عليها .

د - يركب الكوريك ويتم الشد حسب القوة المطلوبة . تحسب الاستطالة في الكابل عند القوة النهائية وتقاربت بتصميم .

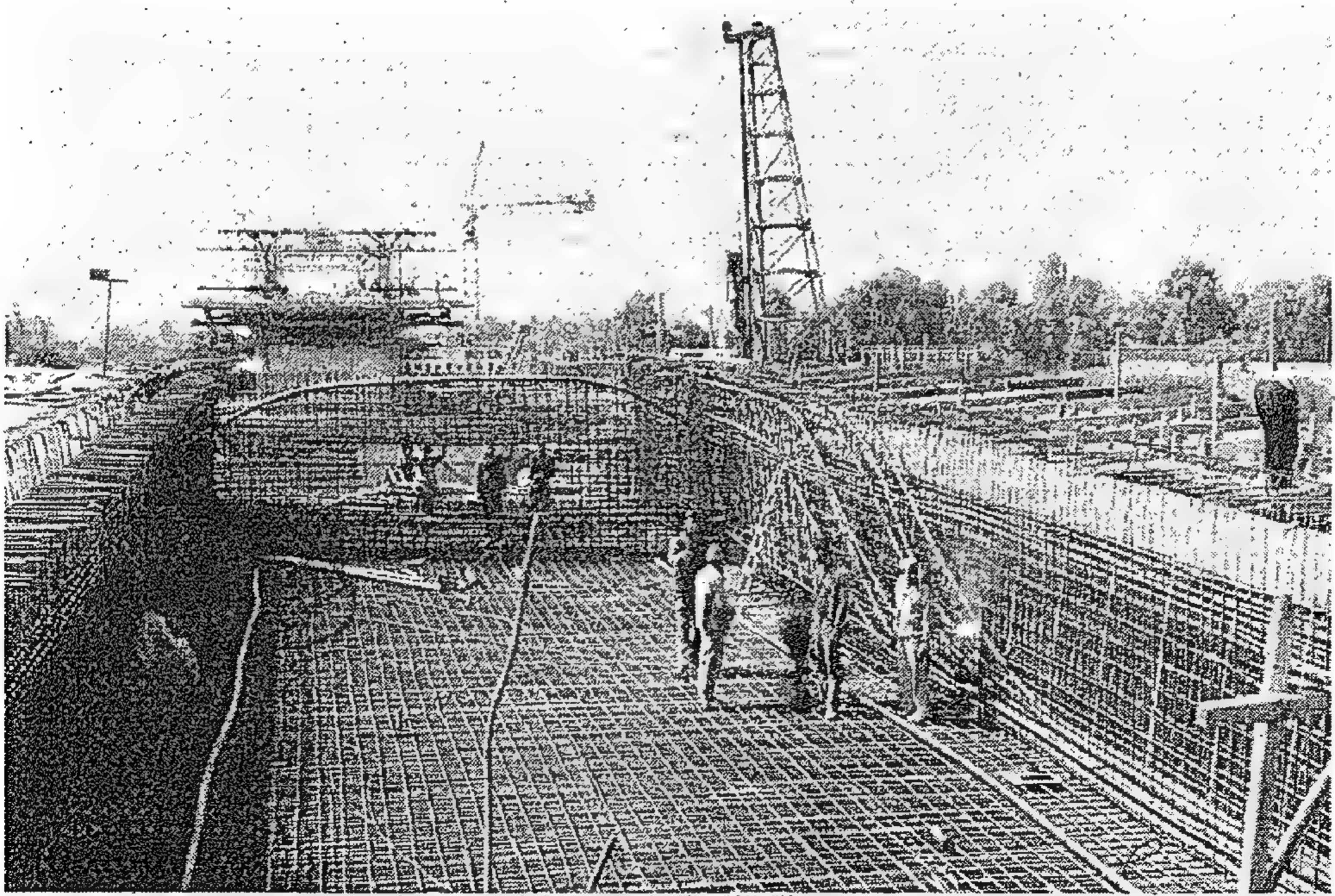
هـ - بعد ثبات الخوابير في مكانها النهائي ، نخرج الكوريك من مكانه .

أعمال الحقن :

أ - يضغط هواء بالكابل لخروج أي أتربة ولضمان عدم وجود انسداد به .

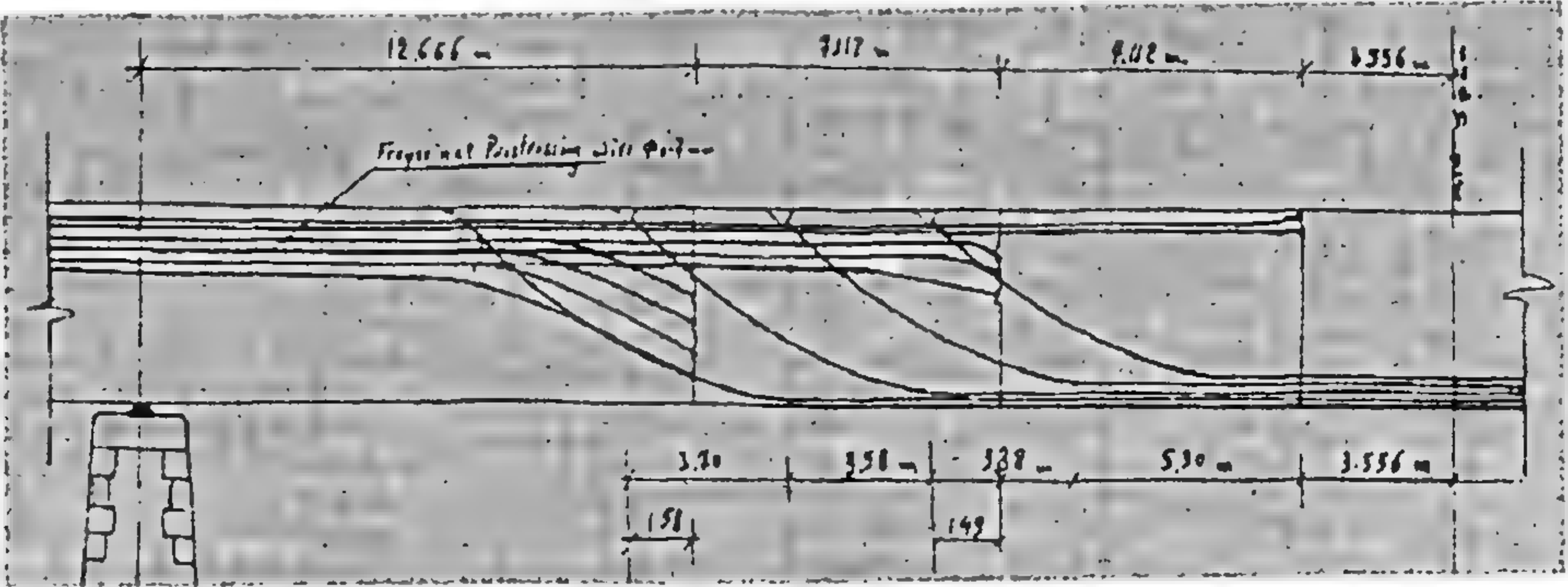
ب - يضخ اللباني حتي يخرج من فتحات التهوية وتقل فتحات خراطيم الهواء . يتم الحقن من أوطي نقطة بالكابل .

شكل (٩) يوضح رص الكابلات في أحد مشروعات الكباري .

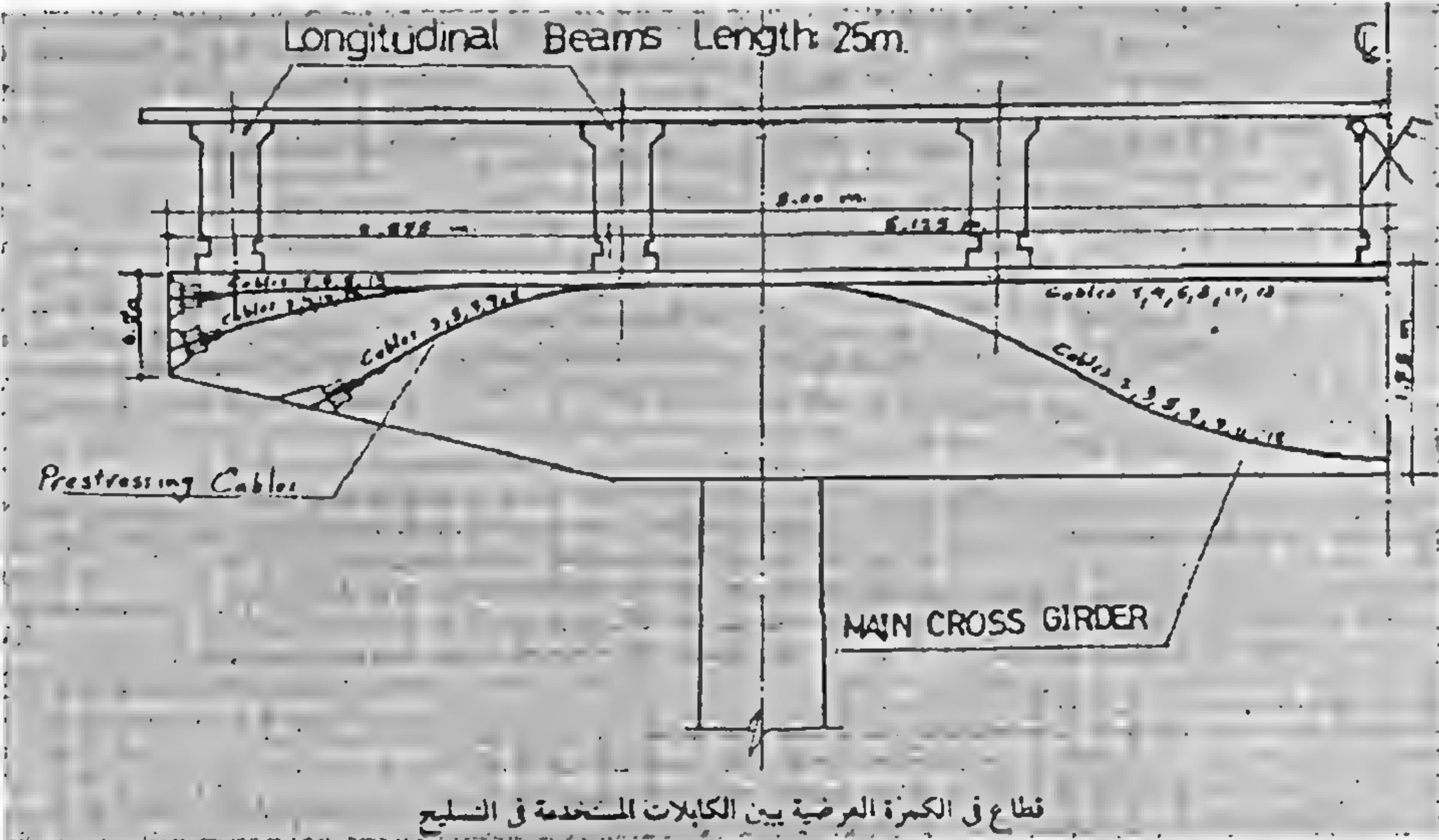


Reinforcement of the lower slab and webs

شكل (٩) عملية رص وتثبيت الجراب في موضعه بالكمره لأحد الكباري



شكل (٩) قطاع طولي في الكمرة الطولية يبين تفاصيل تسليح الكابلات السابقة الأجهاد



شكل (٩) قطاع في الكمرات العرضية لأحد الكباري تبين تفاصيل الحديد سابق الأجهاد

عملية الحقن :

يجب أن تكون مونة الحقن من الأسمنت والرمل (يمر من منخل ١,١٨) وكذلك الإضافات إذا كانت ستحسن من كفاءة مونة الحقن وبشرط أن تكون خالية من الكلوريدات والنترات والكبريتات وألا تقل مقاومة المونة عن ٣٠ نيوتن / مم^٢ بعد ٢٨ يوم . يجب أن تحقق الإضافات المضافة الي مونة الحقن ما يلي :

- التشغيلية الجيدة Workability.
- القوة Strength.
- غير قابلة للتشريح Non Shrinkage

يجب إجراء عملية الحقن بسرعة بعد إجراء عملية الشد للكابلات لمنع حدوث صدأ للكابلات ، كما يجب استخدام مونة الحقن خلال نصف ساعة من الخلط إلا في الحالات التي يستخدم فيها إضافات لتأخير زمن الشك . يراعى أن يجري الحقن بحيث يملأ الأجرية بأكملها وباستخدام مضخات ذات قدرة مناسبة بحيث تضخ بمعدل ٦ - ١٢ متر / دقيقة في حالة الأجرية الأفقية . يكون الحقن مستمرا وبطيئاً حتي لا يحدث انفصال في مكوناته خاصة في الأماكن التي بها أختناقات ويتم إغلاق فتحات التهوية تباعاً مع ملء الأجرية مع الاحتفاظ بضغط = ٠,٥ نيوتن / مم^٢ لمدة ٥ دقائق بعد غلق آخر فتحة تهوية .

أما بالنسبة الي الأجرية الرأسية فيتم استخدام طلبات يمكنها ضغط ٢ - ٣ متر/ دقيقة عند ضغط ٢ نيوتن / مم^٢ .

الشدادات الخلفية لصلب جوانب التربة والصخور السابقة الأجهاد

Rock & Soil Anchors

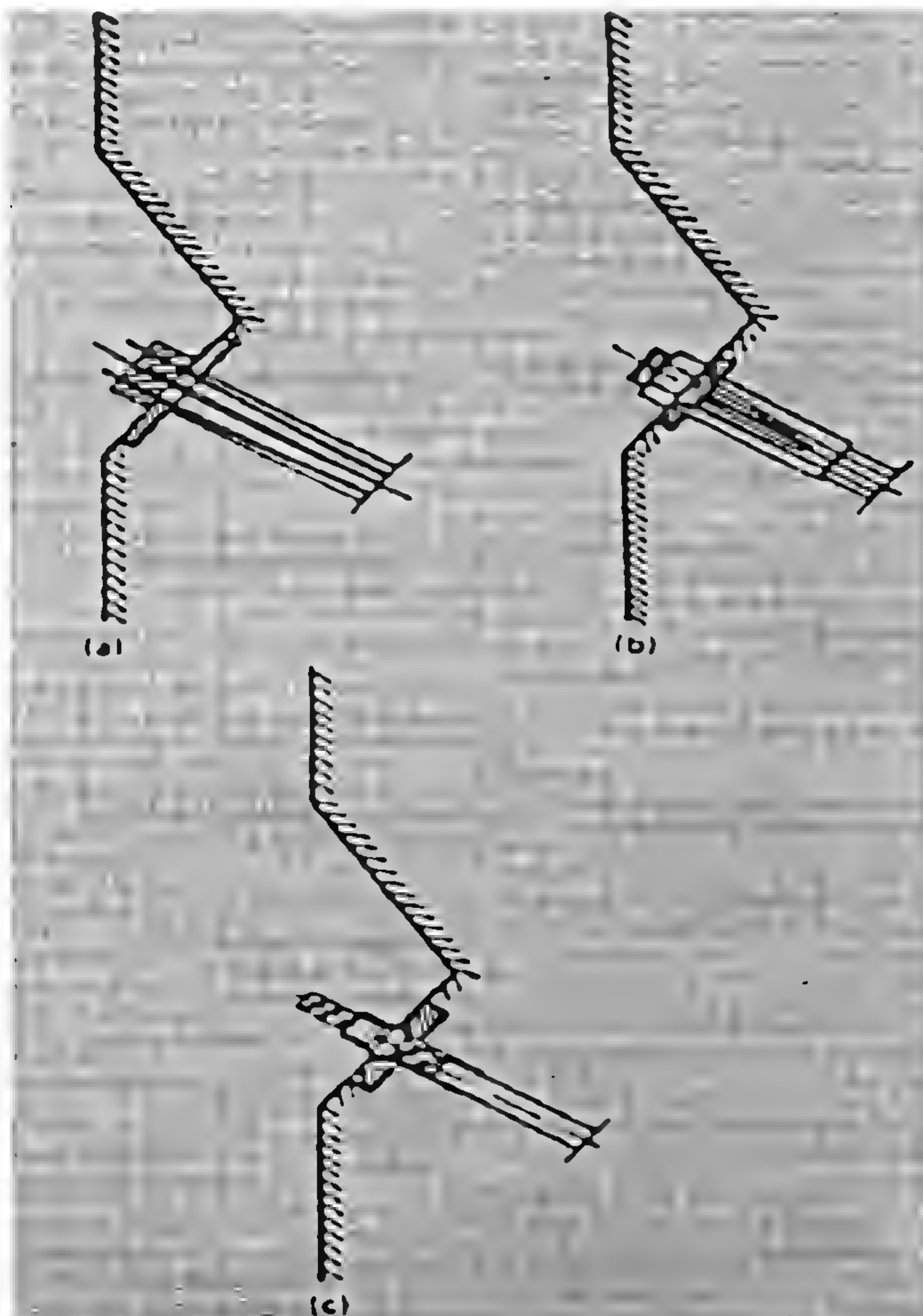
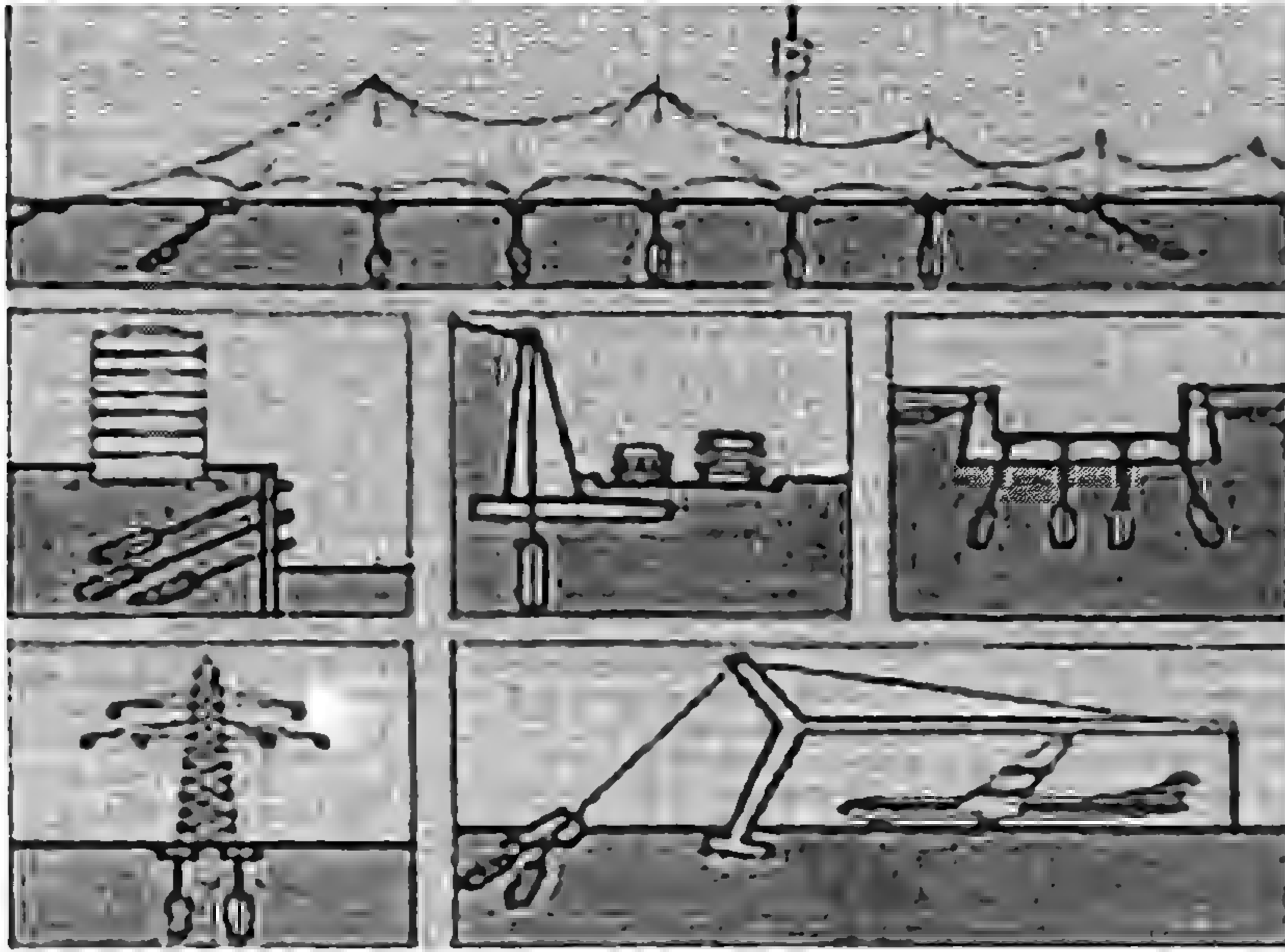
الشداد الأرضي Soil Anchor هو عضو إنشائي ينقل قوي الشد بالمنشأ الي الأرض الطبيعية التي تقاوم هذه القوي عن طريق أجهاد القص بالتربة Shear Strength . يتكون الشداد من ويرات (أسلاك) من الصلب المسحوب علي البارد والفائق المقاومة High Strength Steel Tendons وبالميل التصميمي و المحاطة بمواد الحقن لمقاومة القوي المؤثرة بالمنشأ بأمان . يجب عزل هذه الوايرات ضد الصدأ .

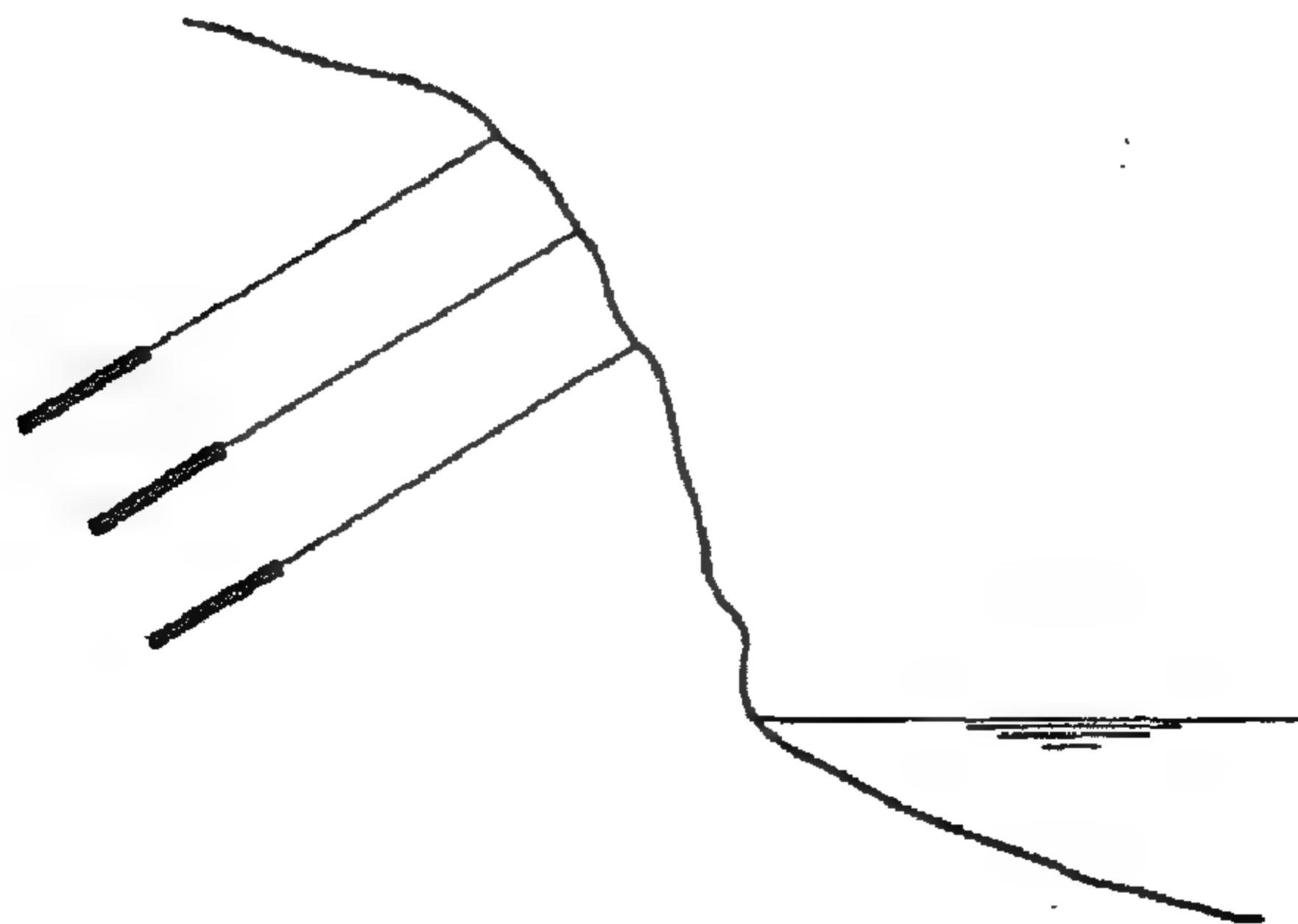
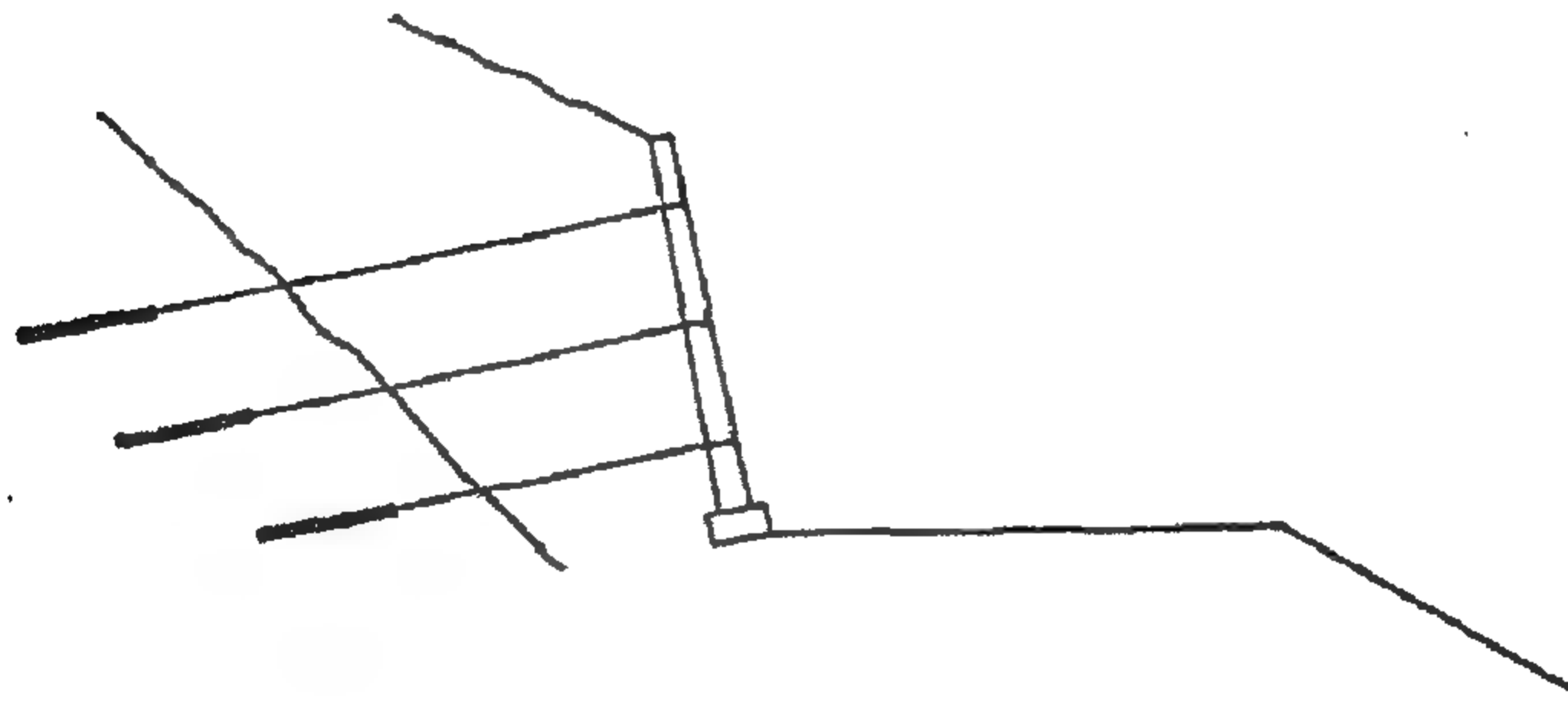
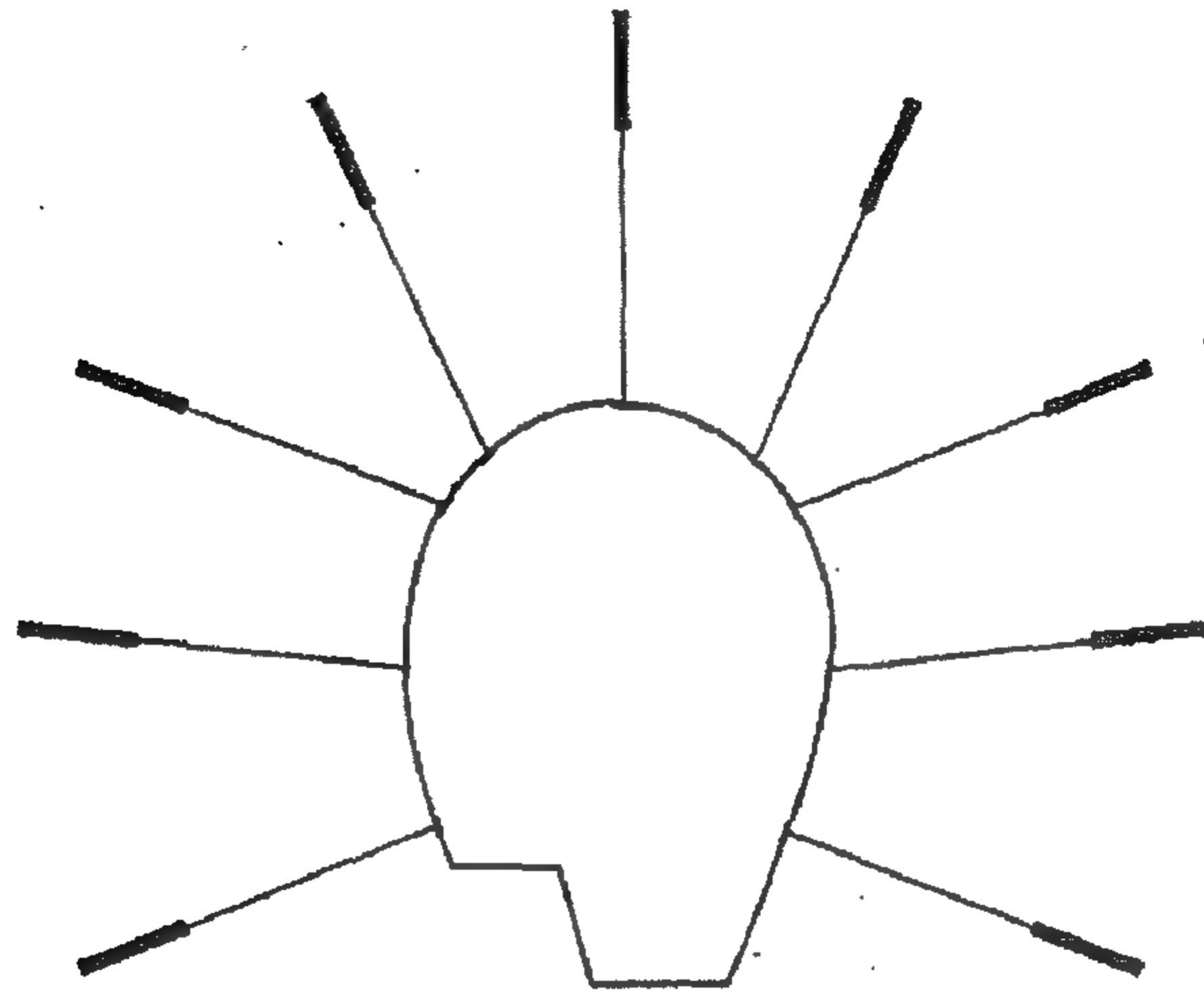
مجالات استخدامات الشدادات الخلفية :

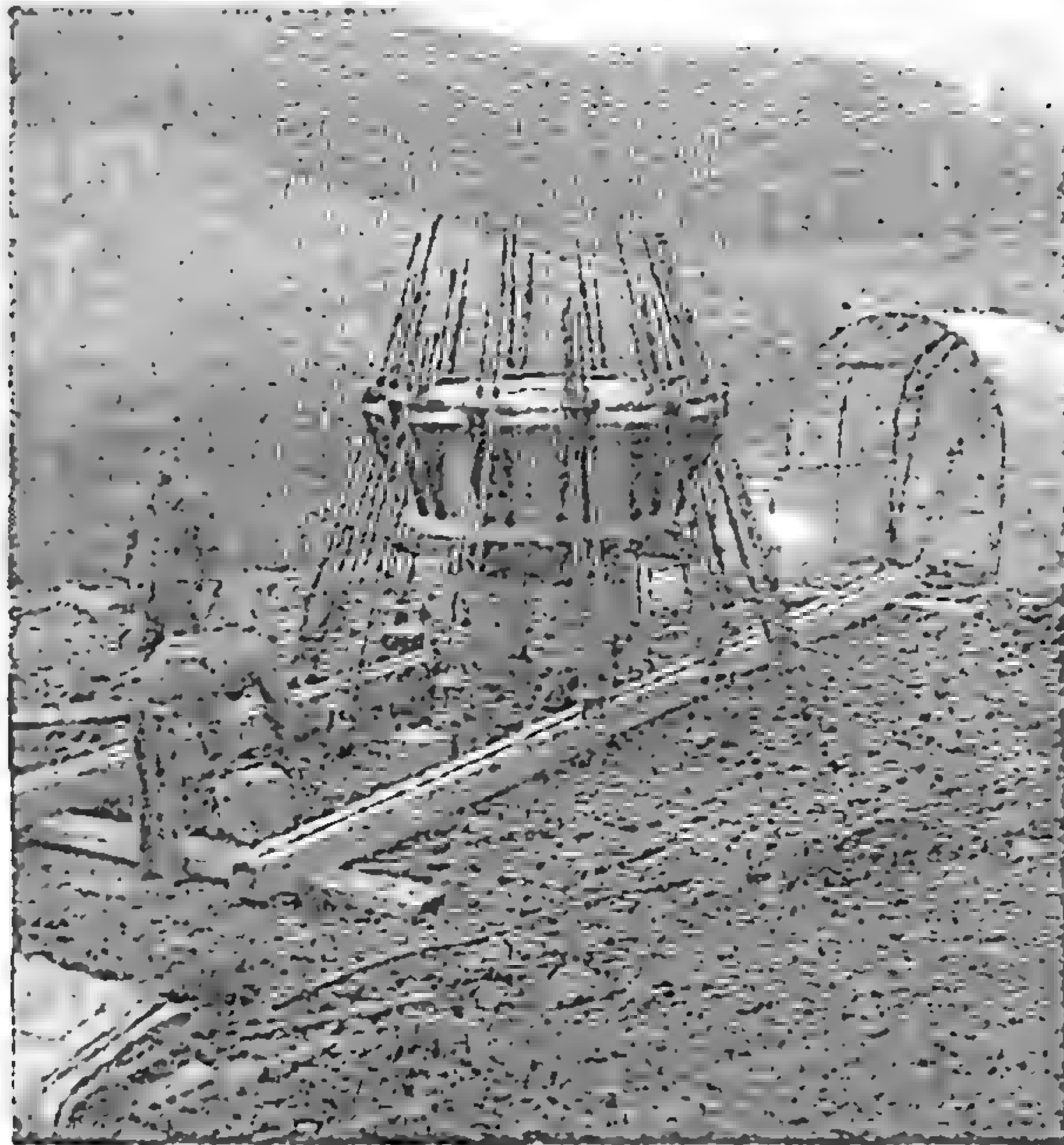
- ١ - تقوية وتثبيت التربة .
- ٢ - الحوائط الساندة سواء كانت حوائط لوحية Diaphragm Walls أو خوازيق متماسكة Secant Piles أو ستائر معدنية Sheet Piles .
- ٣ - تجارب تحميل الخوازيق .
- ٤ - تقوية الجوانب الصخرية الضعيفة في مشروعات الأنفاق .
- ٥ - تستخدم في رباط لأساسات للمنشآت المعرضة لقوي رفع مائية Up Lift في طبقات الأرض السفلي . بعض تطبيقات استخدام الشدادات الخلفية - شكل (١٠)

تعريفات :

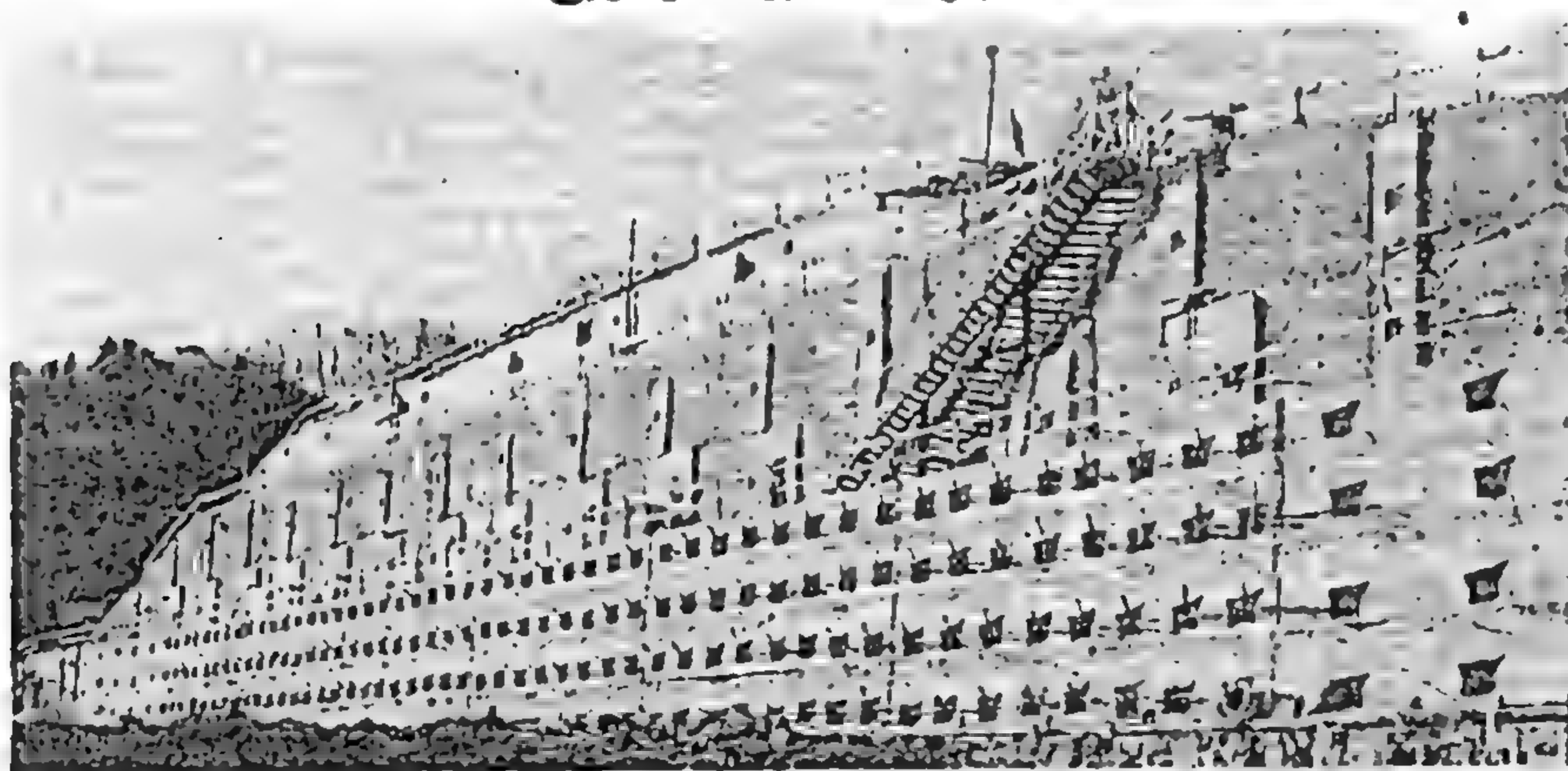
- الطول الثابت للشد Fixed Anchor Length : هو الطول المناسب من الشد لمقاومة ونقل قوي الشد الي الأرض الطبيعية - شكل (١١) .
 - الطول الحر للشد Free Anchor Length : وهو الجزء من طول الشد الذي لا يتم خلاله نقل أي قوي الي الأرض المحيطة - شكل (١١) .
 - الشد الميت - الخامل Dead Anchor : الشدات يمكن أن تكون في حالة خمول ، أي ليس عليه أي قوي شد . وفي حالة تحرك الأرض المحيطة بالشد لأي سبب ، تتولد القوي في هذا الشد - شكل (١٢) .
 - الشد المستخدم في الشد : وهو الشد العادي ويقاوم قوي الشد الواقعه عليه بأمان - شكل (١٢) .
 - الشد المستخدم في الضغط : بطرق معقدة تنتقل القوي الموجودة بالكابلات الي الجزء الأخير من الشد (مقدمة الشد) وتصبح هذه الشدات شدات ضغط Compression Anchors. هذه الشدات تعمل كشدات مؤقتة - شكل (١٣) .
 - شدات مؤقتة Temporary Anchors : ويعمل في الصلبات المؤقتة لمدة أيام أو شهور حتي أتمام المشروع ثم يزال بعد نهو العمل - شكل (١٤) .
 - شدات ثابتة Permanent Anchors : وهو الشد المستمر طوال عمر المنشأ لسنوات عدة مثل أعمال الحوائط الساندة و جوانب الأنفاق الصخرية ويزول بنهاية عمر المشروع - شكل (١٤) .
- و قد تظهر أي شروخ محتملة في مونة الحقن بسبب قوي الشد الواقعة علي الكابلات أو إنكماش المونة والذي يمكن أن يسبب الصداً لهذه الكابلات .



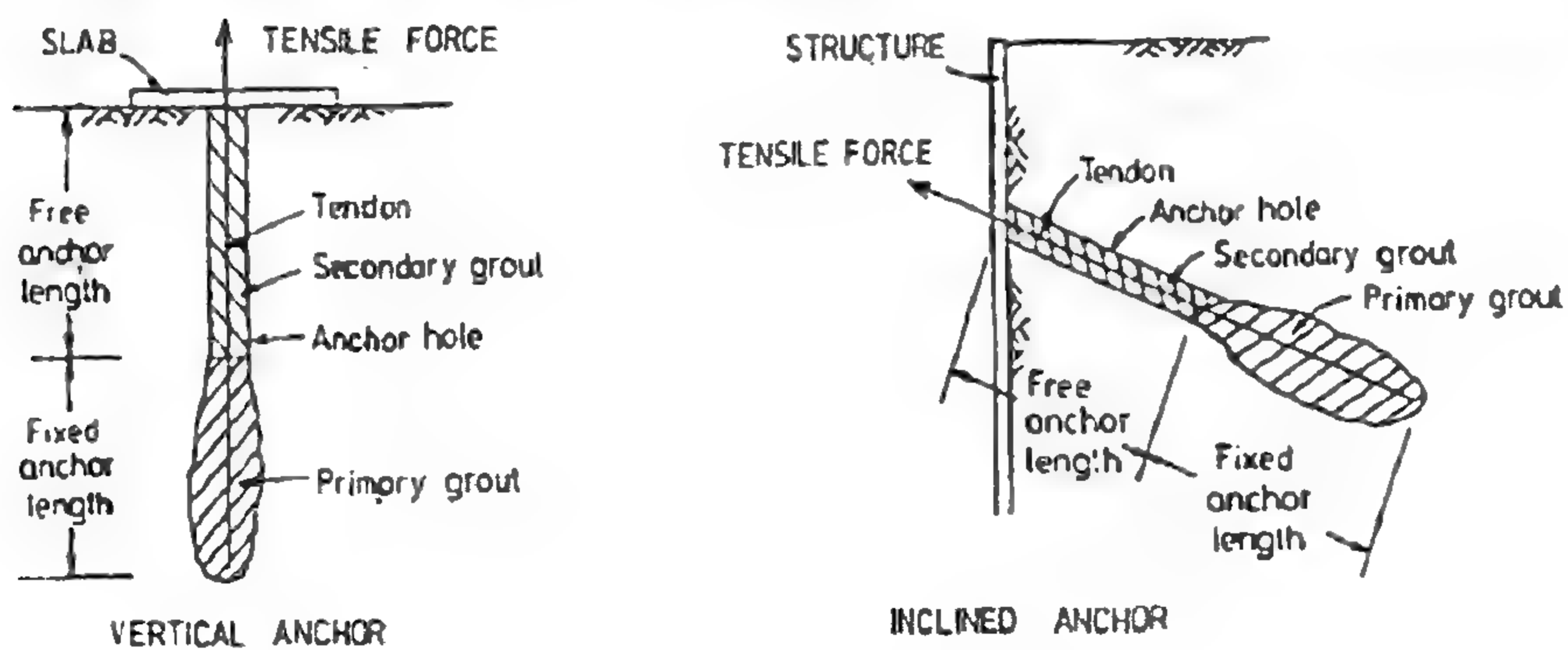




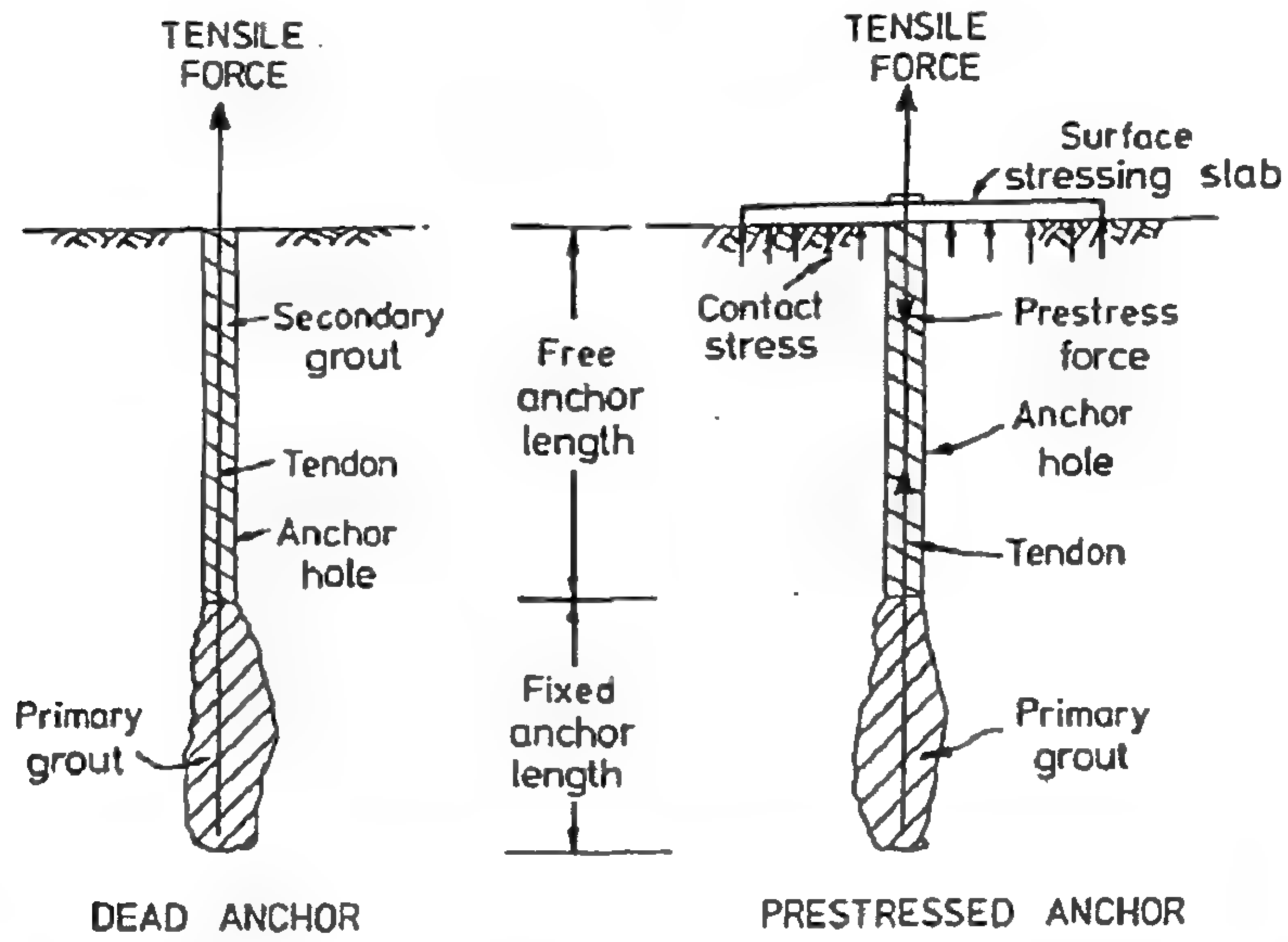
أختبارات تحميل الخوازيق



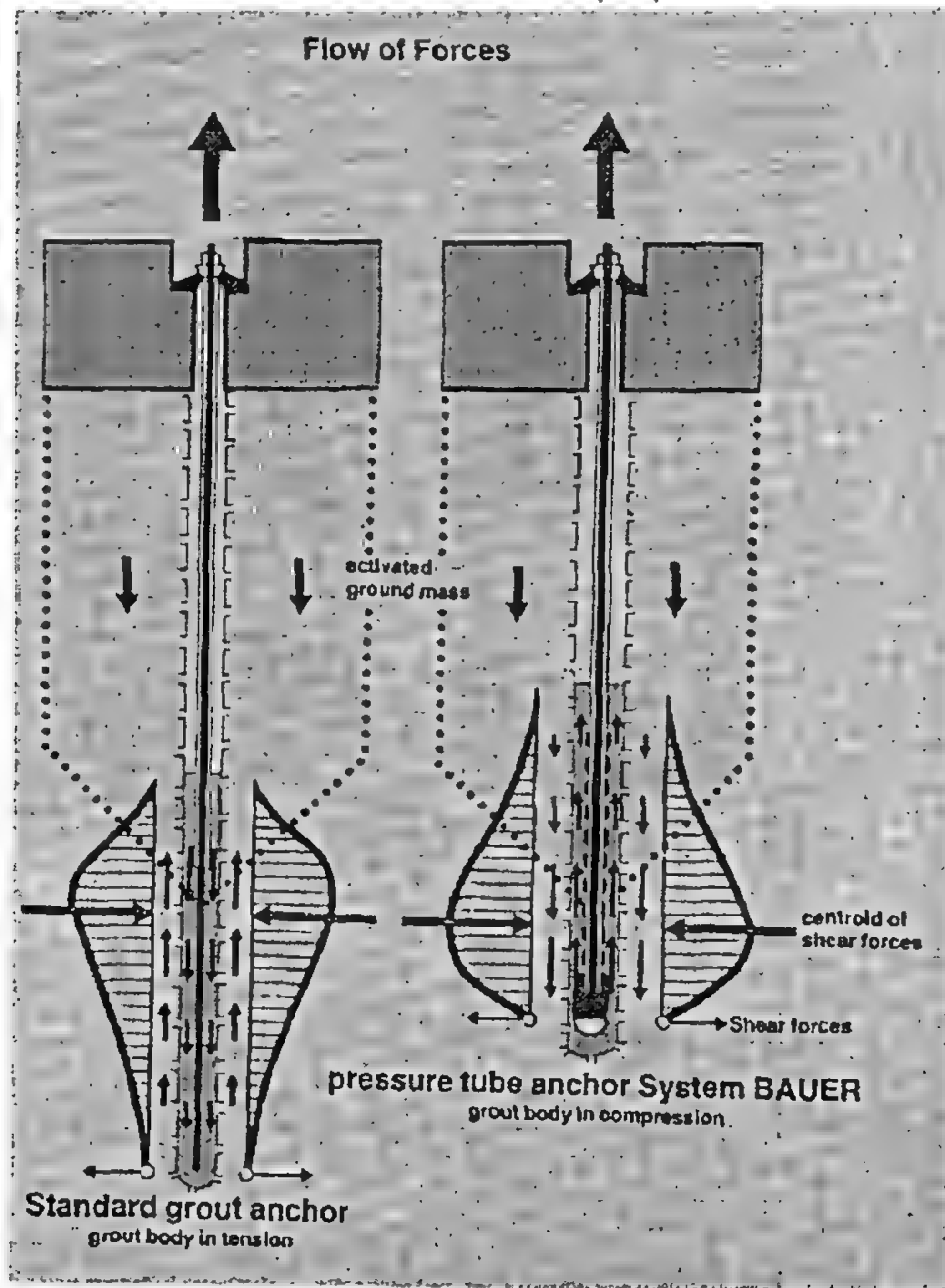
شكل (١٠) تطبيقات استخدام الشدادات الخلفية سابقة الأجهاد - تثبيت الميول الصخرية



شكل (١١) تفاصيل الشدادات والطول الثابت والطول الحر

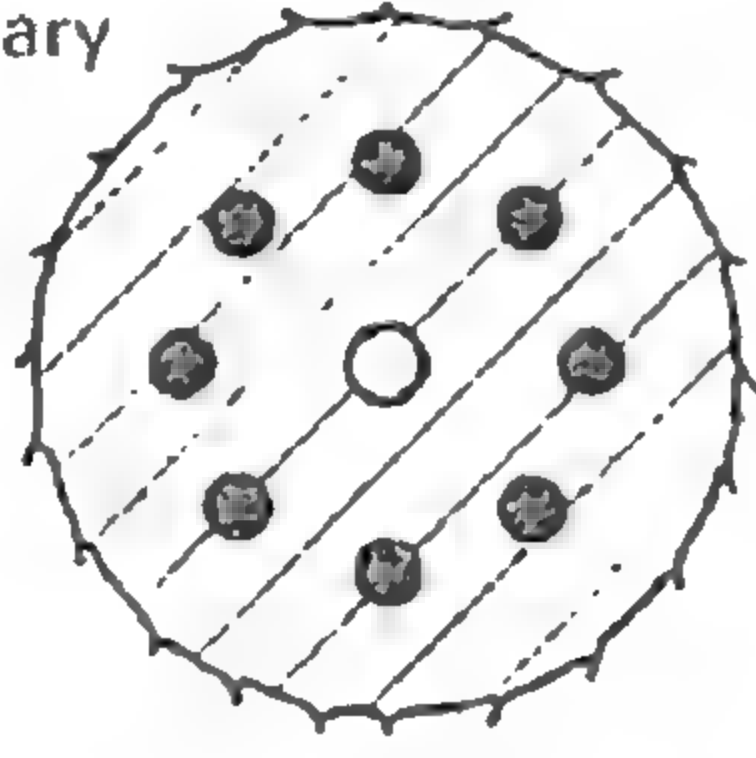


شكل (١٢) الشدّاد الخامل - الميت

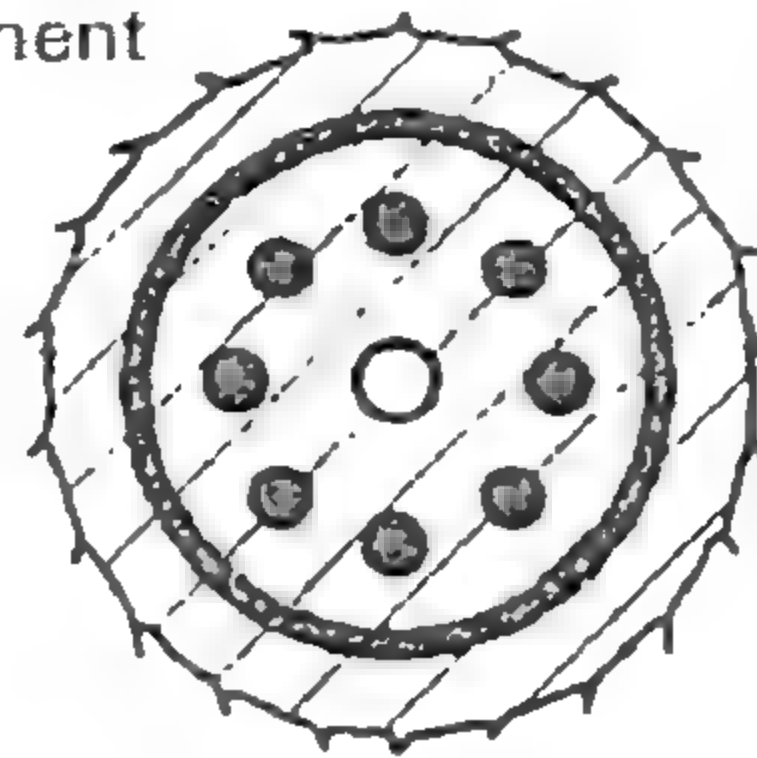


شكل (١٣) مخطط يبين تفاصيل خطوات تنفيذ الشدّادات في حالة الضغط و حالة الشدّ

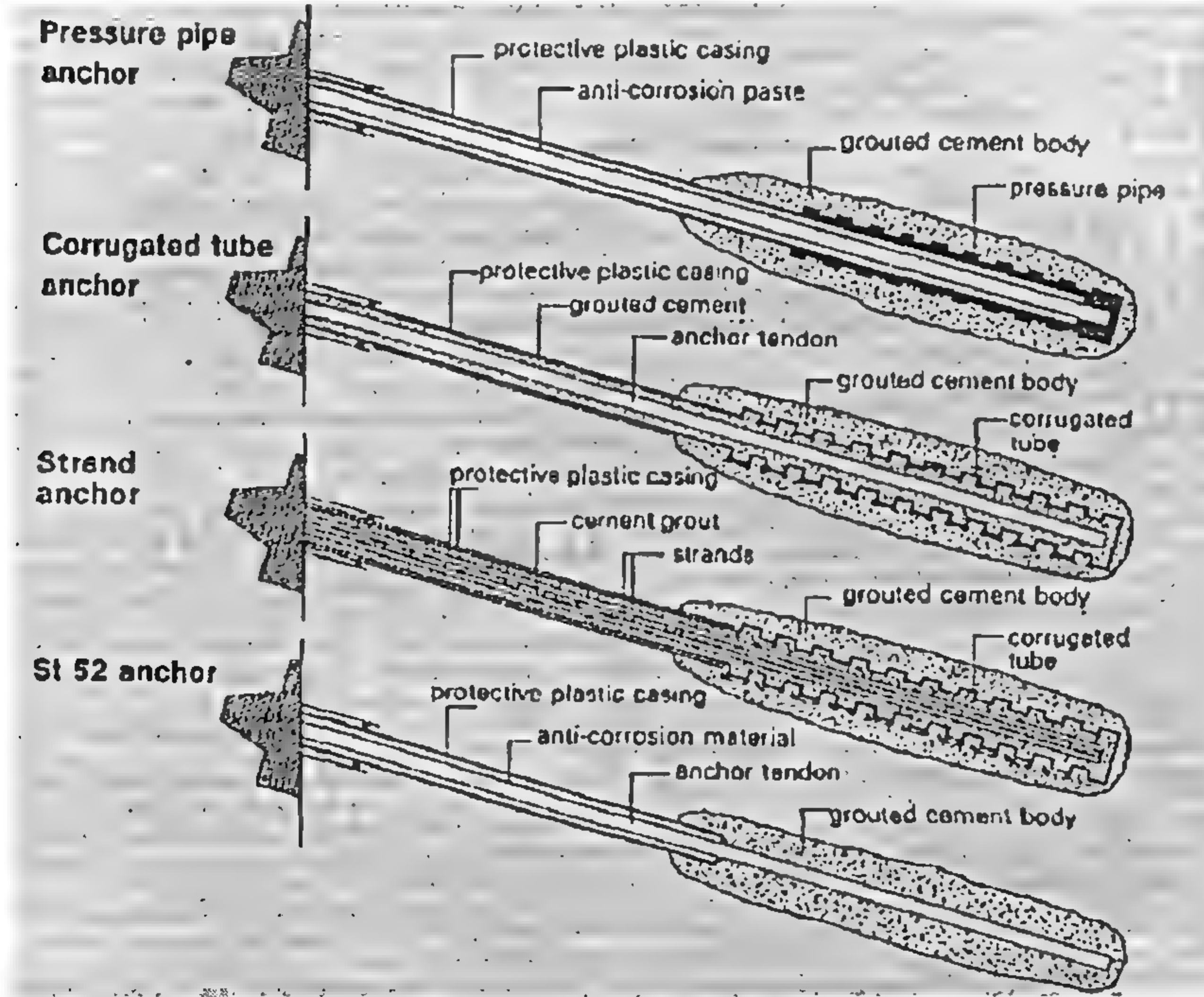
a) temporary anchor



b) permanent anchor



شكل (١٤) الشداد المقت و الشداد الدائم - شكل جديدة من مجموعة كابلات قبل تدعيمها
بعض أنواع الشدادات لبعض الدول باستخدام خامات أخرى - شكل (١٥).



شكل (١٥) بعض أنواع الشدادات المستخدمة وتفاصيلها

خطوات العمل :

١ - التثقيب : يتم التثقيب بالحفر الدوار Drilling Machine وذلك بتوصيل مواسير قلاووظ بعضها ببعض حتي الوصول الي الطول التصميمي المطلوب وبالميل المطلوب . لا يستعمل البنتونايت لصلب جوانب الثقب حيث يمثل ذلك عازلا بين الكابلات وبين مواد الحقن .

وفي حالة الصخور ، يتم التنقيب بواسطة مثقاب ميكانيكي يعمل بضغط الهواء وتتصل عتلات حديدية مع بعضها حسب طول الثقب وبعد أنتهاء العمل تخرج العتلات الي الخارج (مع تنظيف الثقب أثناء خروج العتلات) وتوضع ماسورة بلاستيك مكانها حتي لا يسد الثقب من تساقط الصور والأتربة .

٢ - تدفع ماسورة معدنية رقيقة ذات جدار معرج الي داخل الثقب حتي نهايته . يمكن (بطريقة أخرى) ، أن توضع الكابلات داخل الماسورة ثم تدفع الماسورة داخل الثقب.

٣ - تدفع الي داخل الماسورة مجموعة الكابلات (ذات القوه الفائقه) في حزمة واحدة بالإضافة الي مواسير الحقن

٤ - تركيب أغطية الحقن علي الفتحات في الماسورة .

الحقن :

٥ - يضغط هواء داخل الثقب لأخراج أي أتربة وعدم وجود أي أنسداد .
٦ - تبدأ عملية الحقن بالأسمنت اللباني (أسمنت مقاوم للكبريتات) تحت ضغط عالي حتي تملأ الماسورة المعرجه وكذلك الفراغ بين جدار الحفر و الماسوره المعرجة.

٧ - باستمرارية خروج اللباني ، تقلل فتحات خراطيم الهواء.

٨ - يترك الشداد فتره حتي يتم وصول المونة الي القوه النهائية.

٩ - تصنع رأس الشداد علي الحائط المقابل - ثم تبدأ عملية شد الكابلات بواسطة روافع هيدروليكية خاصة حتي نصل الي القوه المطلوبه في الشداد .

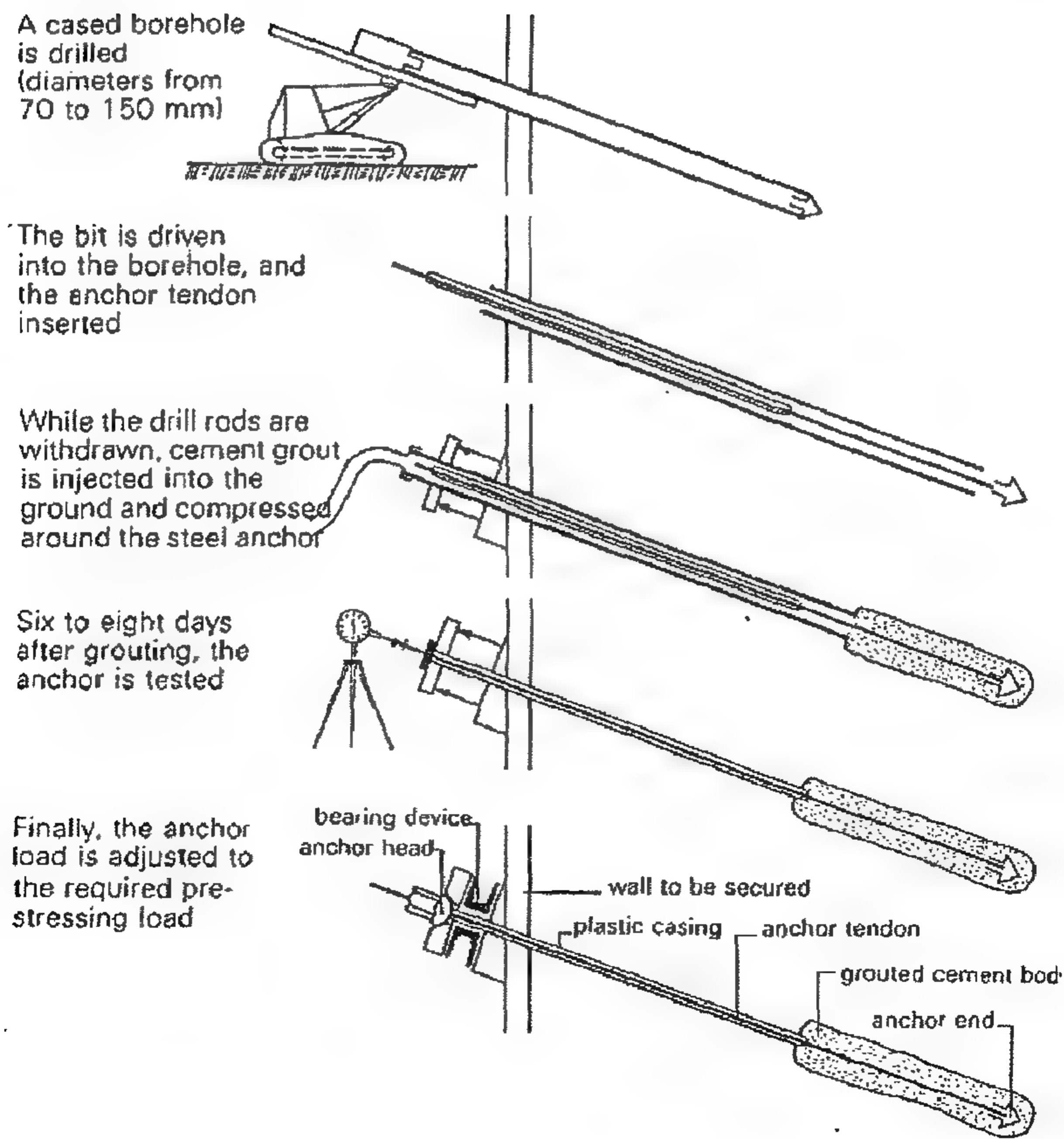
١٠ - يتم عند كل حزمة من الكابلات وضع خوابير معدنية مخروطية الشكل . عند إيقاف الروافع و محاولة الكابلات العودة الي الوضع الأصلي - بعد حدوث الاستطالة في الكابلات - فإن خوابير المعدنية المخروطية تمنع ارتداد الكابلات - كما تقاوم الحلقة المعدنية الممسكة بمجموعة خوابير ارتدادها. تتولد قوي كبيرة جدا في الكابلات = قوه الشد المصمم عليها الشداد

ملاحظة :

- ١ - في حالة الشدادات المؤقتة ، لا تستخدم الماسورة المعدنية ذات الجدار المعرج و يكفي بماسورة حقن واحدة في محور الشداد .
- ٢ - تكون مادة الحقن من الأسمنت : الماء = ٠,٤ مع إضافة مادة لتحسين خواص المونة الأسمنتية كي تتحقق الميزات التالية :

- منع ظاهرة النضح Bleeding .
- غير قابلة للتشريح Non Shrinkage .
- جيدة التشغيلية Good Workability .
- فائقة القوة Strength .

خطوات تنفيذ الشدادات - شكل (١٦) :



شكل (١٦) خطوات تنفيذ الشداد بشكل عام

سنعرض الي أحد الأنواع الشهيرة من الشدادات المستخدمة في المملكة المتحدة ، وهي لا تختلف مع الشدادات الأخرى إلا في بعض التفاصيل البسيطة :

أنواع الشدادات المستخدمة في المملكة المتحدة :

شكل (١٧) - يعطي خطوطا عامة عن الخطوط العريضة للأشكال Type 1 - Type 3 المستخدمة في المملكة المتحدة :

١ - شدادات بقطاع أسطواني حول أسلاك الشد ويلي هذه الخطوة عملية حقن القطاع بالأسمنت . تفاصيل تنفيذ الشداد - شكل (١٨) . يستعمل هذا النوع في التربة الصخرية ويستعمل آلة الدقاق الدوار Percussive Drill Rig في حفر الثقب . ينظف الثقب بدفع الهواء أو الماء لتنظيف الثقب . عادة يمكن الحقن سبعة أيام كي يتصلد ويتم بعد ذلك شد الكابلات .

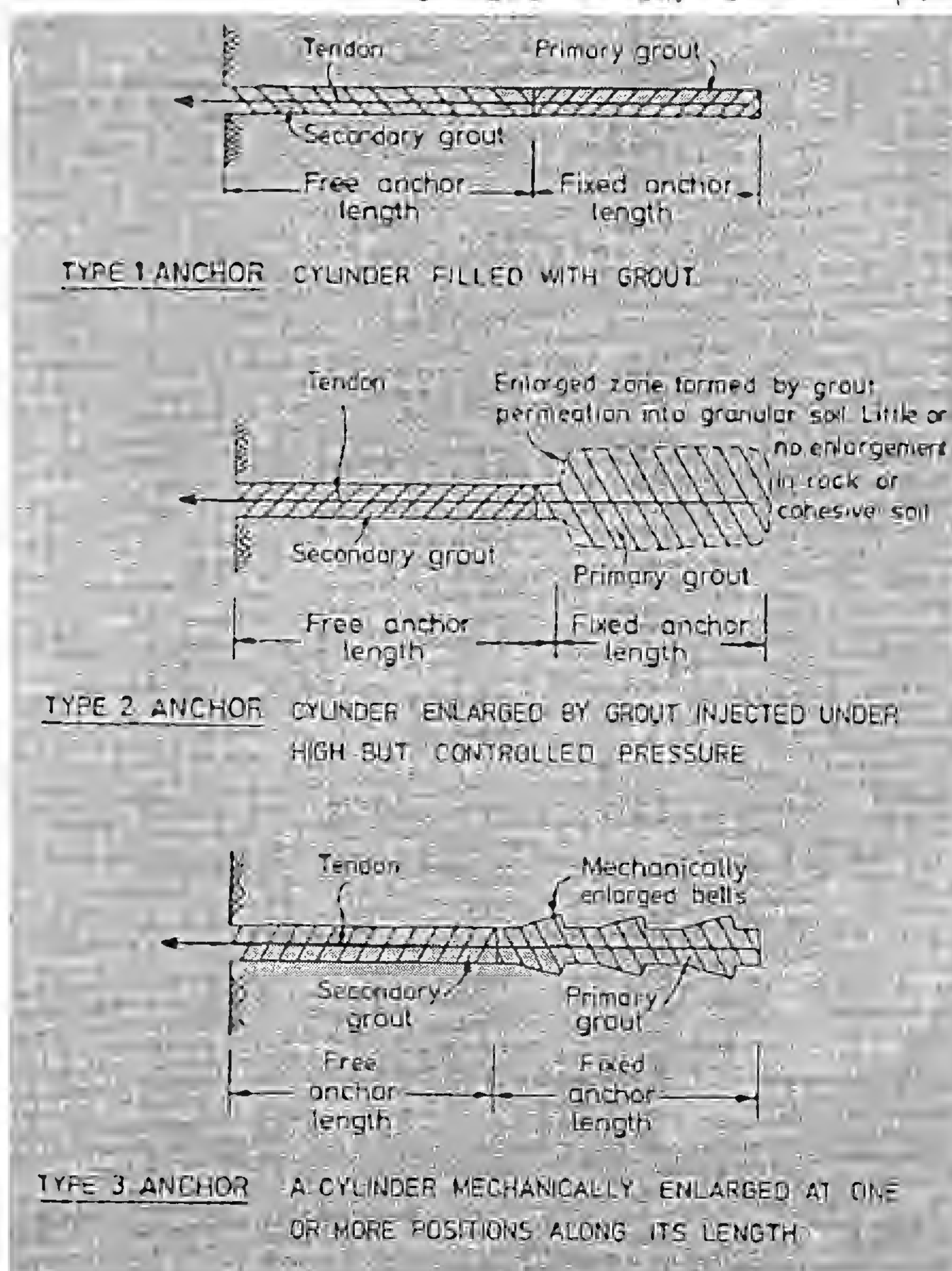
٢ - شدادات بقطاع أسطواني يتضخم في نهايته مكونا جزء متضخم Bulb تحت تأثير ضغط حقن محسوب . تفاصيل تنفيذ الشداد - شكل (١٩) . يستعمل في جميع أنواع التربة ويتم عمل الثقب بواسطة آلة الدقاق الدوار Rotary Percussive Drill . يتراوح قطر الثقب المناسب ٧٥ - ١٢٠ مم . جميع تلك الأنواع تستخدم ماسورة حقن قطر ٢٥ مم تكون في حزمة واحدة مع الكابلات . يضغط الحقن خلال الماسورة وفي نفس الوقت تسحب الماسورة الخارجية الي الخارج .

٣ - شدادات بقطاع متضخم بطريقة ميكانيكية في موضع واحد أو عدة مواضع لمقاومة الأحمال المتوقعة - تفاصيل تنفيذ الشداد - شكل (٢٠) . تعتمد قدرة الشداد علي قوة الطبقة الطينية . يفضل القيام بعمل ثقب الشداد بواسطة الآلة الدوارة Rotary Rig مع عمل توسيعات في أماكن محددة (تشبه الجرس) كل ٨٠ سم وذلك بالطرق الميكانيكية . تتم هذه التوسيعات بواسطة فرشاة خاصة Special Expanding Brush .

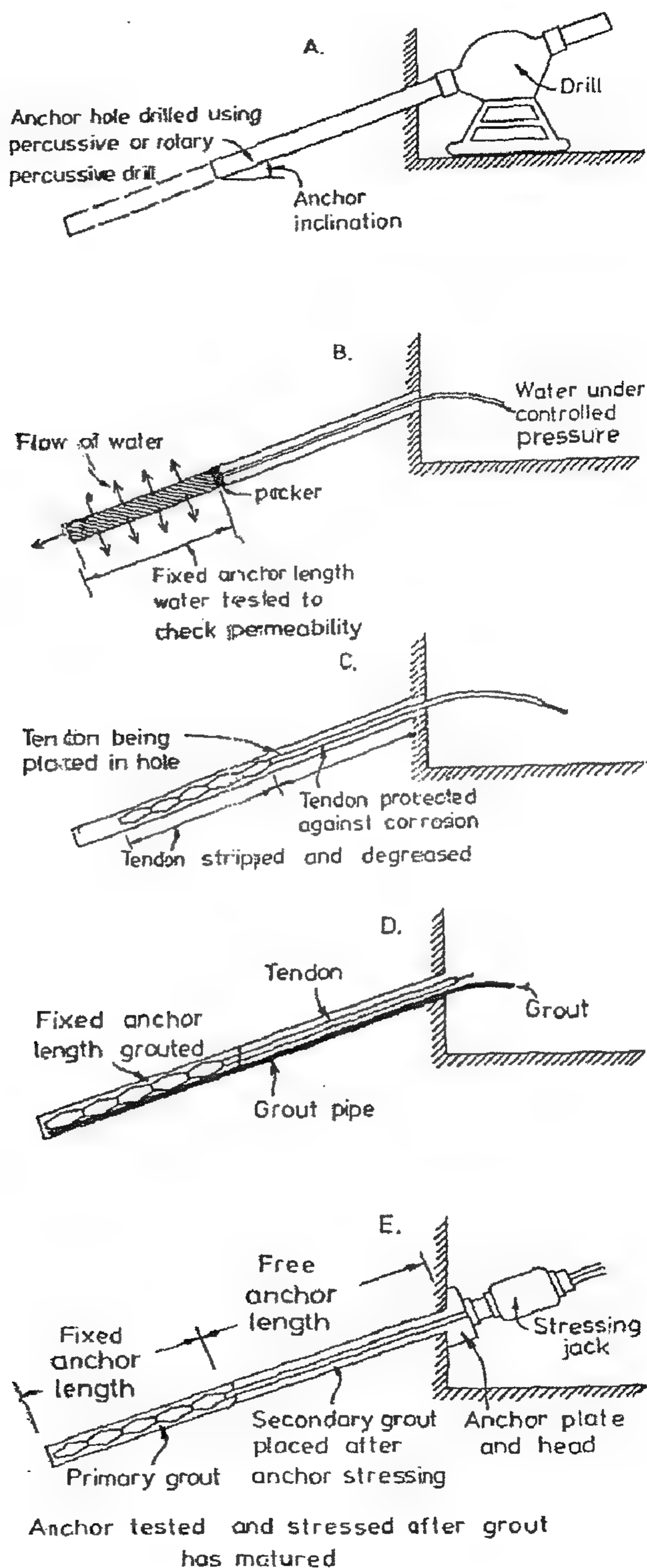
يكون الحقن بالأسمنت (وهو الأفضل) للشدادات كما أنه الأفضل في حماية الأسلاك

من الصداً . وفي بعض الأحيان يتم الحقن حول الكابلات بمادة راتنجية Resin أو مواد إيبوكسية .

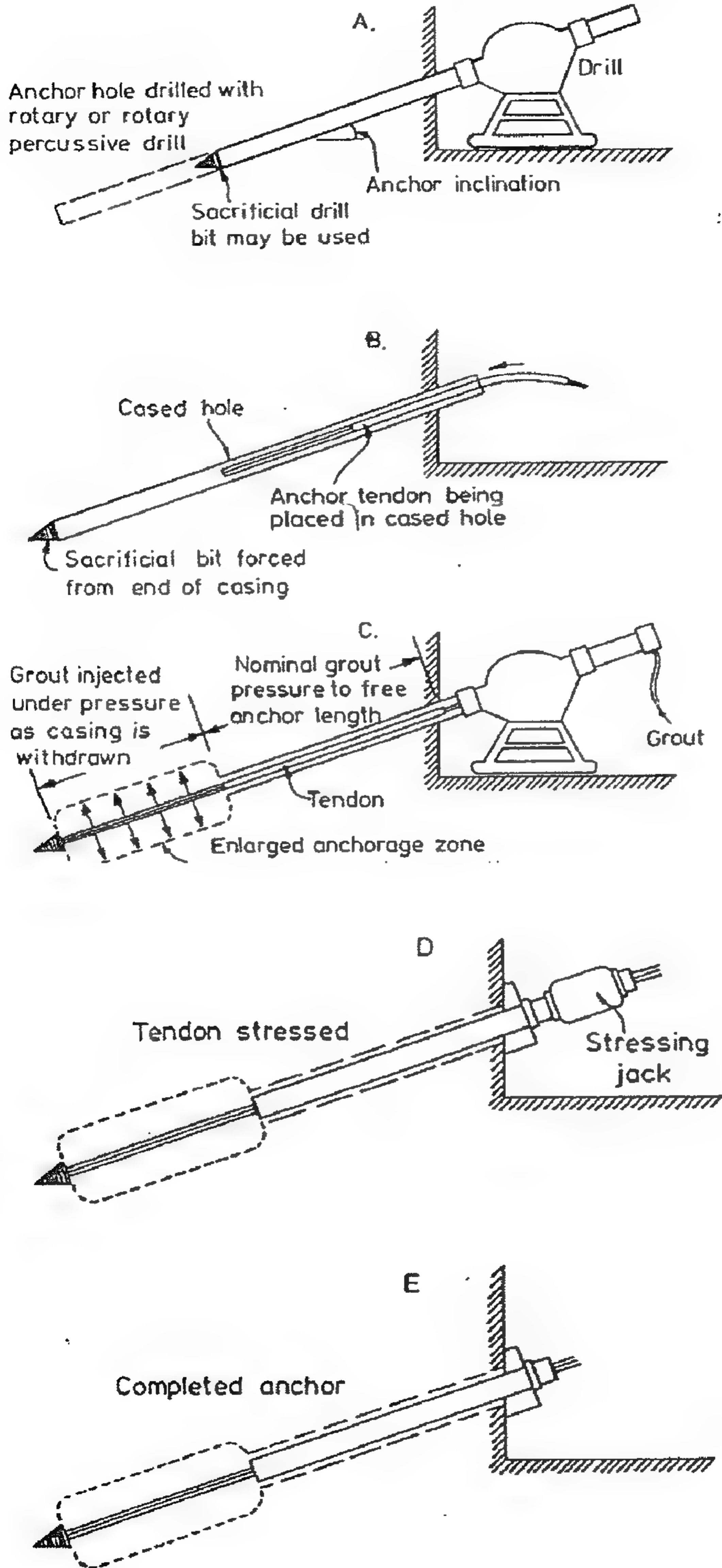
وتصلح هذه الطرق في حالة أن طبيعة التربة لا تتهار في حالة تنفيذ ثقب الشداد .
يفضل إضافة إضافات الي مونة الحقن للأسراع بتصلد مونة الحقن ، علي أنه في بعض الأحيان و في حالة الرغبة في شد الكابلات خلال ساعات بعد تدكيك الكابل والحقن ، يتم استعمال مواد إيبوكسية أو بوليستر .



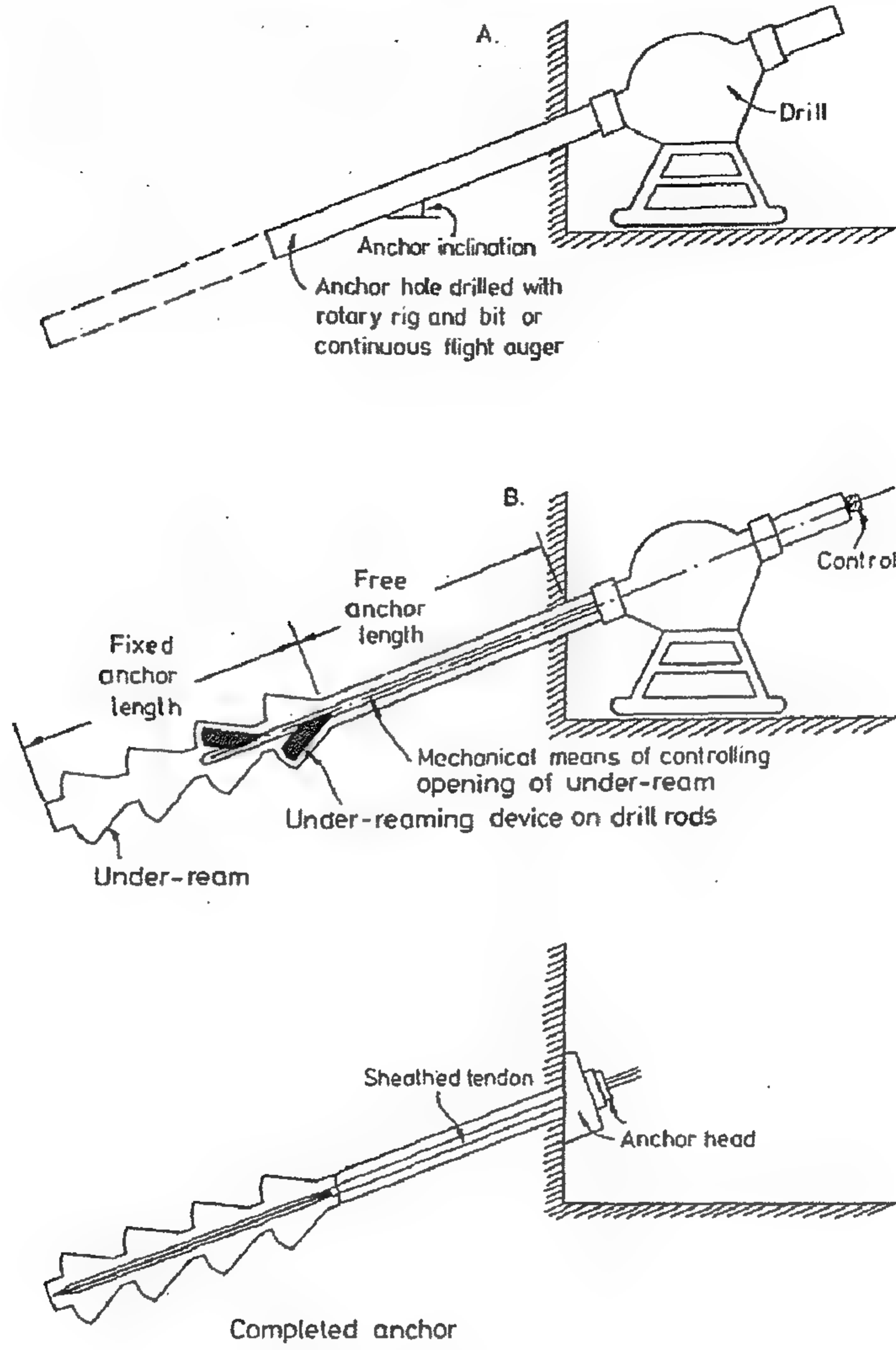
شكل (١٧) الخطوط العريضة لأنواع الشدادات الأول و الثاني والثالث



شكل (١٨) خطوات تنفيذ الأعمال - النوع الأول (1) Type

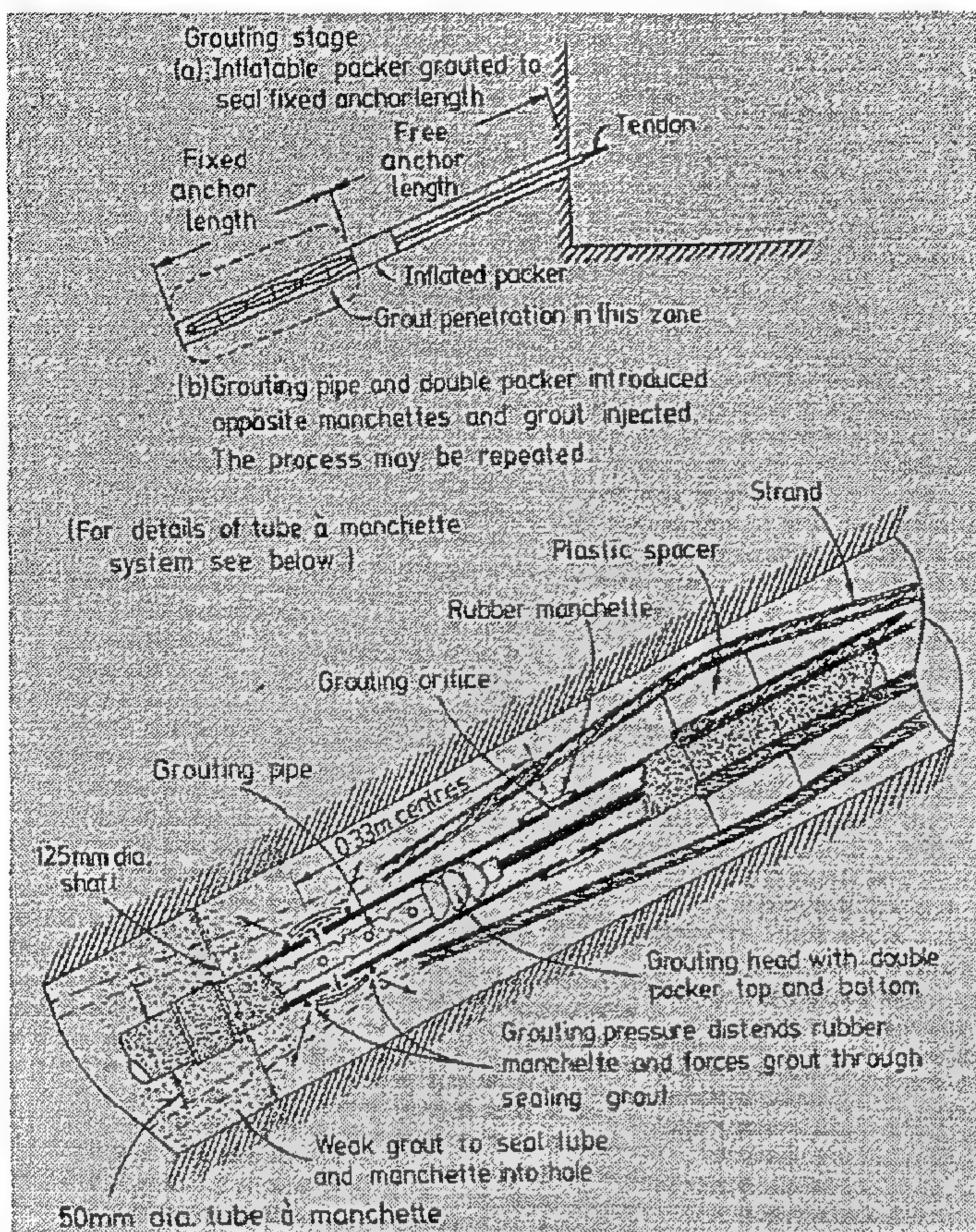


شكل (١٩) خطوات تنفيذ الأعمال - النوع الثاني (Type 2)



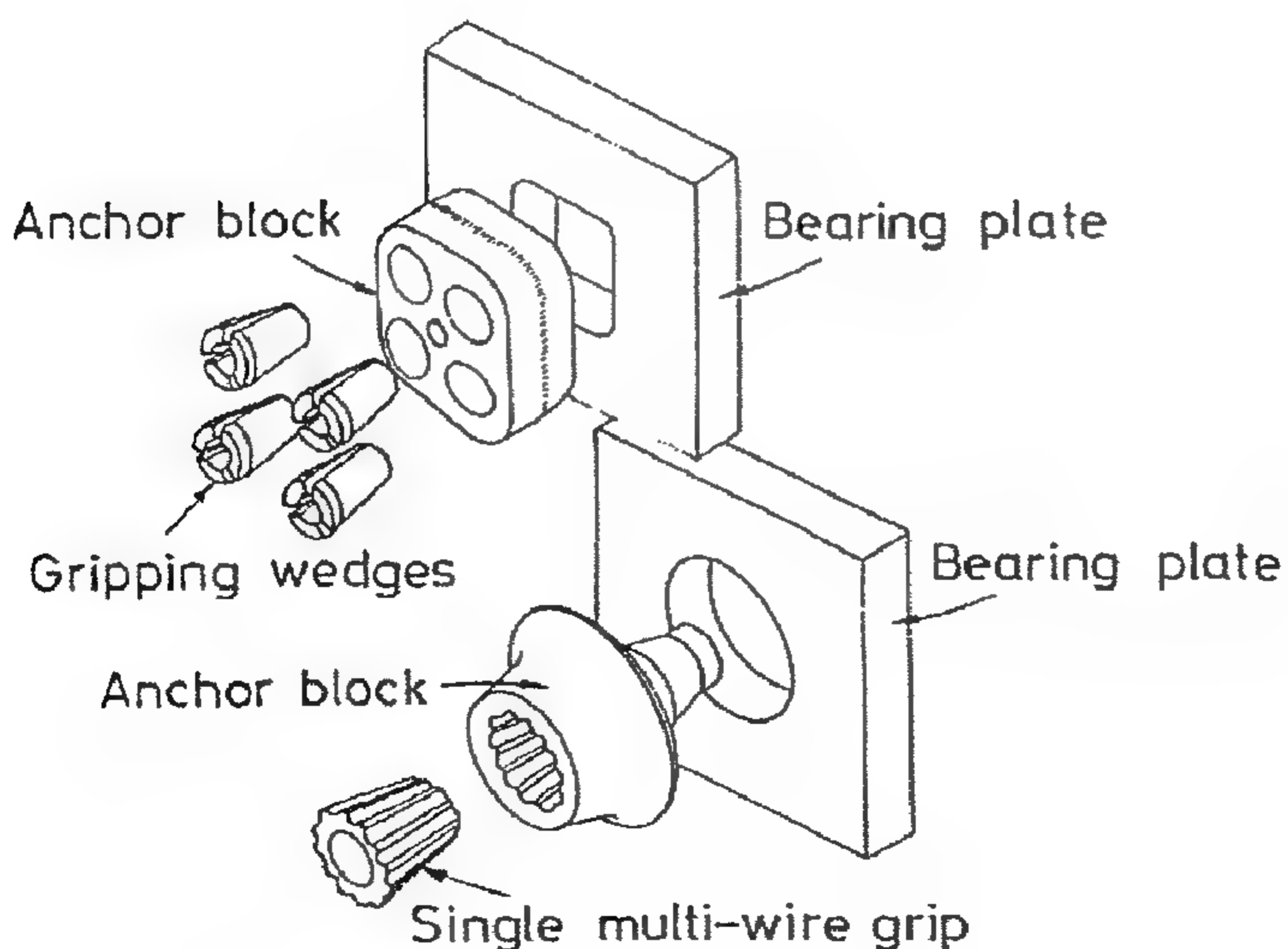
شكل (٢٠) خطوات تنفيذ الأعمال - النوع الثالث (3) Type

تفاصيل مقدمة الشداد وميكانيكية الحقن - شكل (٢١) .



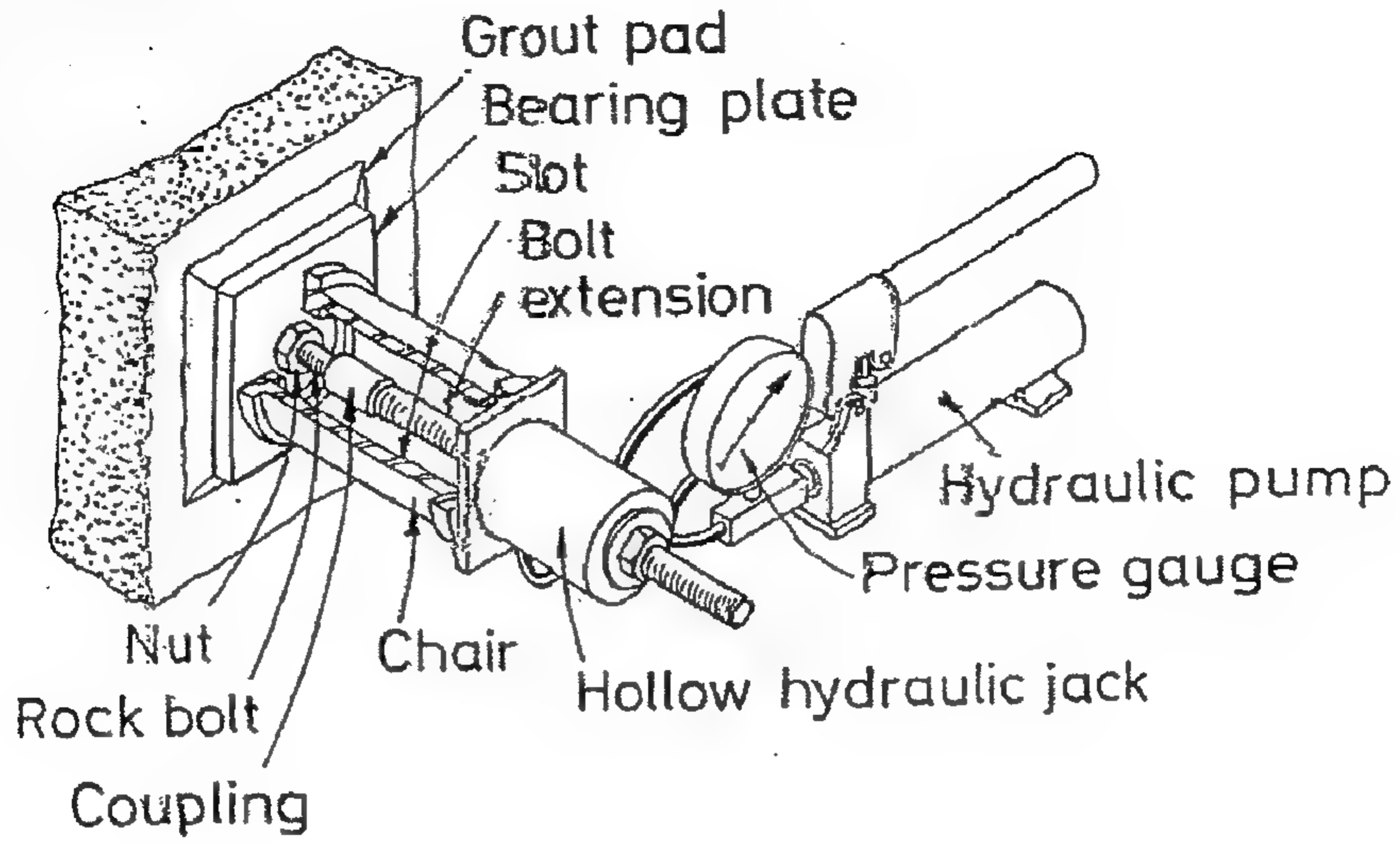
شكل (٢١) تفاصيل نهاية الشدائد والماسورة الخاصة بالحقن

تفاصيل رأس الشدائد - شكل (٢٢) .



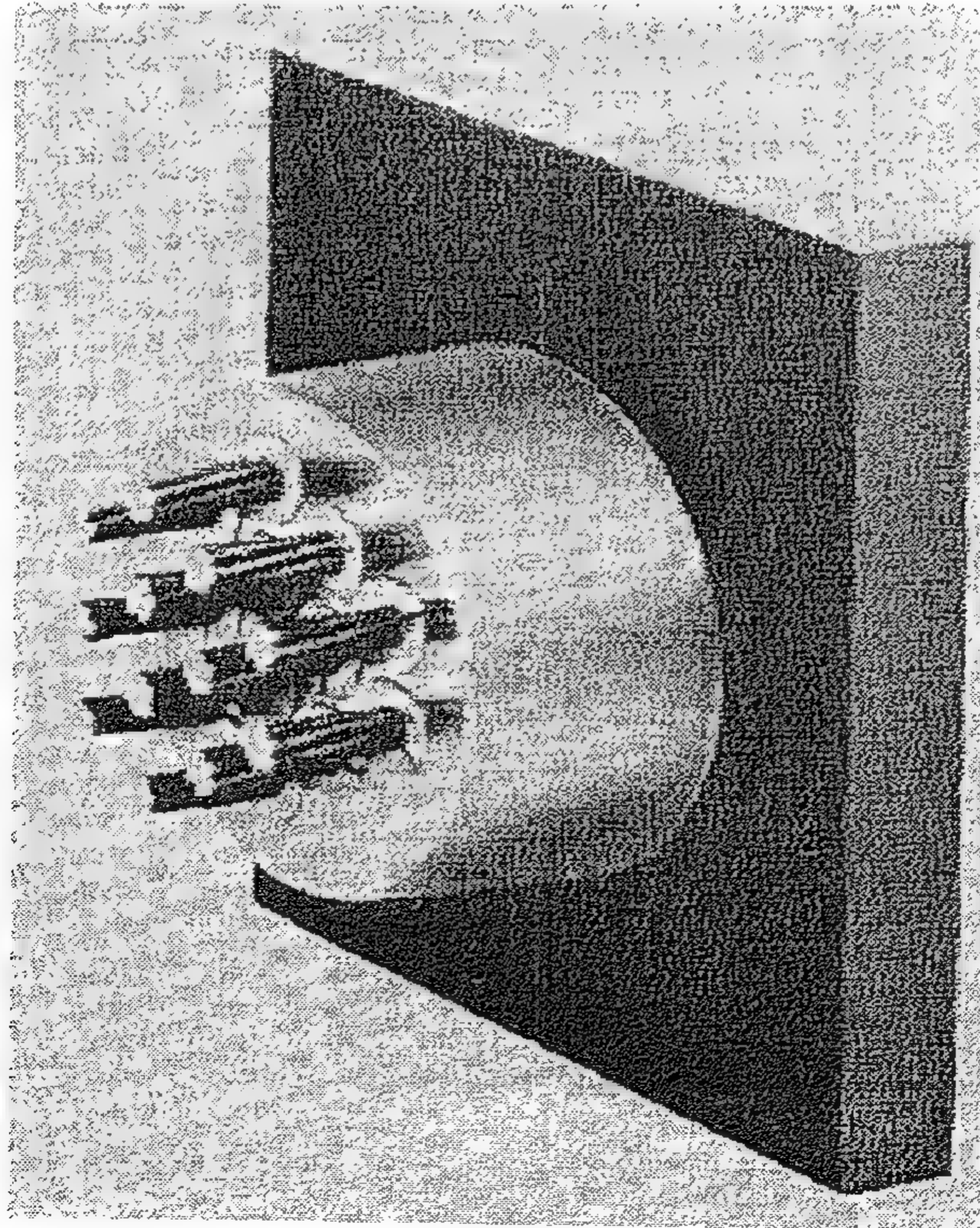
شكل (٢٢) تفاصيل البلته والخوابير - رأس الشدائد

تفاصيل كوريك شد الكابلات - شكل (٢٣) .



شكل (٢٣) تفاصيل كوريك شد الكابلات

تفاصيل رأس الشداد و الكابلات وخوابير الكابلات والبلته - شكل (٢٤) .



شكل (٢٤) تفاصيل رأس الشداد

طريقة التنفيذ لأحد المشروعات بجمهورية مصر العربية :

مشروع محطة الرفع الرئيسية لمياه الصرف الصحي - بهتيم - شبرا الخيمة - قليوبية :
العمق ١٧ متر - الأبعاد ٢٥م × ٤٠م . المحطة محاطة بستائر معدنية وتم تنفيذ الشدادات الخلفية للمستائر المذكورة لصلب جوانب الحفر ومقاومة ضغط التربة و ضغط المياه علي هذا العمق .

١ - يتم تنفيذ الحائط الساند سواء من خوازيق متماسة أو من ستائر معدنية حول المحطة . نبدأ الحفر في داخل المحطة حتي نصل الي منسوب صف الشدادات الأول المحدد بالتصميم علي عمق ٢ متر.

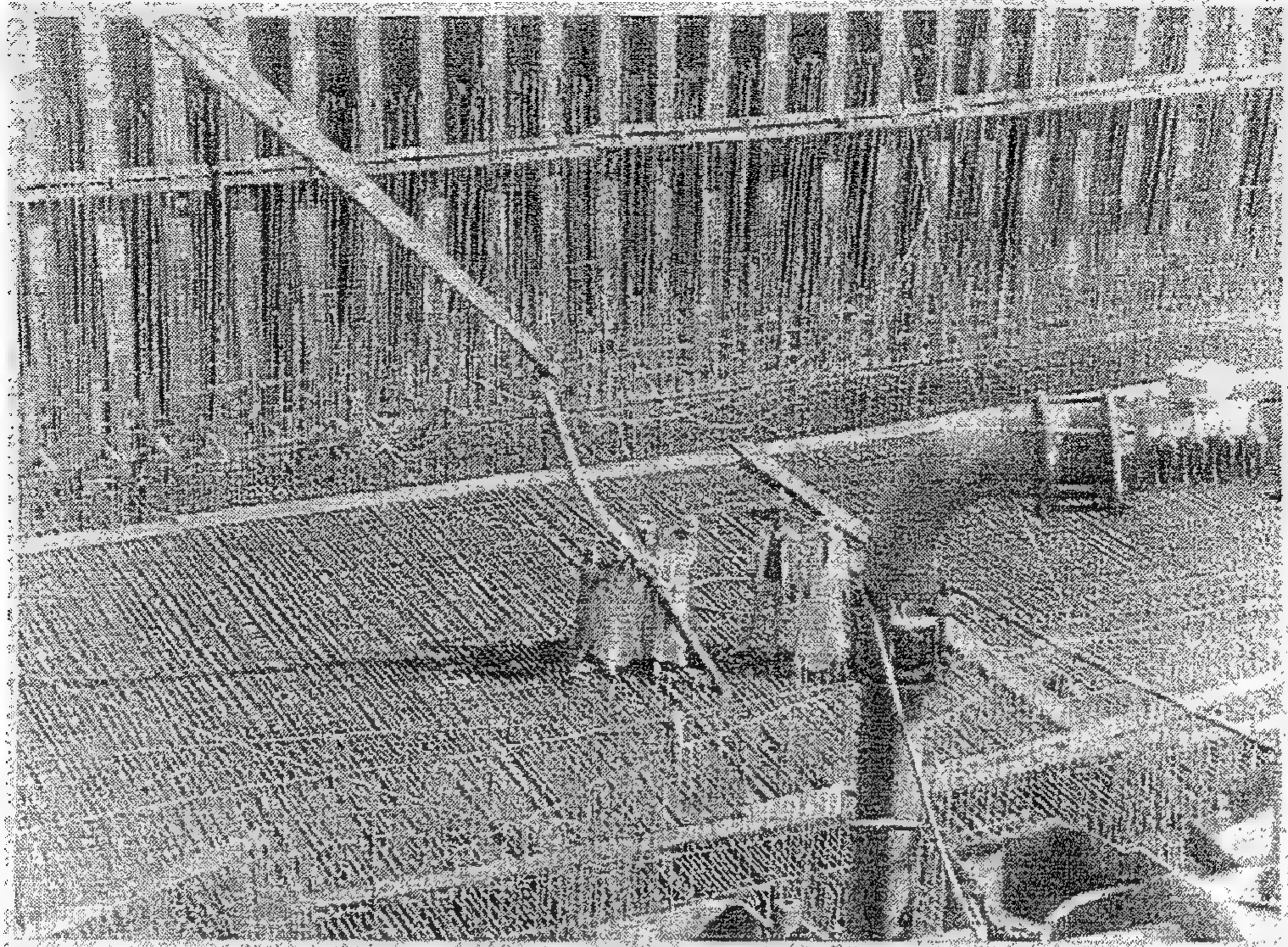
٢ - تحديد نوع الشداد : هل هو شداد مؤقت أم شداد دائم . الشداد الدائم يظل بعمر المنشأ وله طريقة تنفيذ خاصة و اشتراطات خاصة ، أما الشداد المؤقت فإنه يعمل لفترة محددة هي زمن المشروع ثم يتم الاستغناء عنه .

٣ - تبدأ ماكينة التخريم في عمل ثقوب الشدادات بالقطر و الميل و الطول المطلوب ، و الذي تم تحديدهم في التصميم وعلي عمق ٢ متر ، المسافة الأفقية بين الشدادات وبعضها = ٤ متر.

٤ - يتم تنفيذ صف الشدادات الأول (في المستوي الأفقي) وعلي مسافات محددة في التصميم في المستوي الأفقي وعلي عمق ٢ متر من سطح الأرض.

٥ - بعد انتهاء تنفيذ صف الشدادات الأول بالكامل ، نبدأ أعمال الحفر من منسوب صف الشدادات الأول الي منسوب صف الشدادات الثاني - عمق ٦ متر من سطح الأرض . نجري عملية تنفيذ الصف الثاني من الشدادات وهكذا بالنسبة للصف الثالث والرابع.

٦ - يستكمل الحفر حتي منسوب التأسيس ويتوالي تنفيذ المحطة - شكل (٢٥).



Baniwa Main Pumping Station - Pouring of concrete for the lower slab

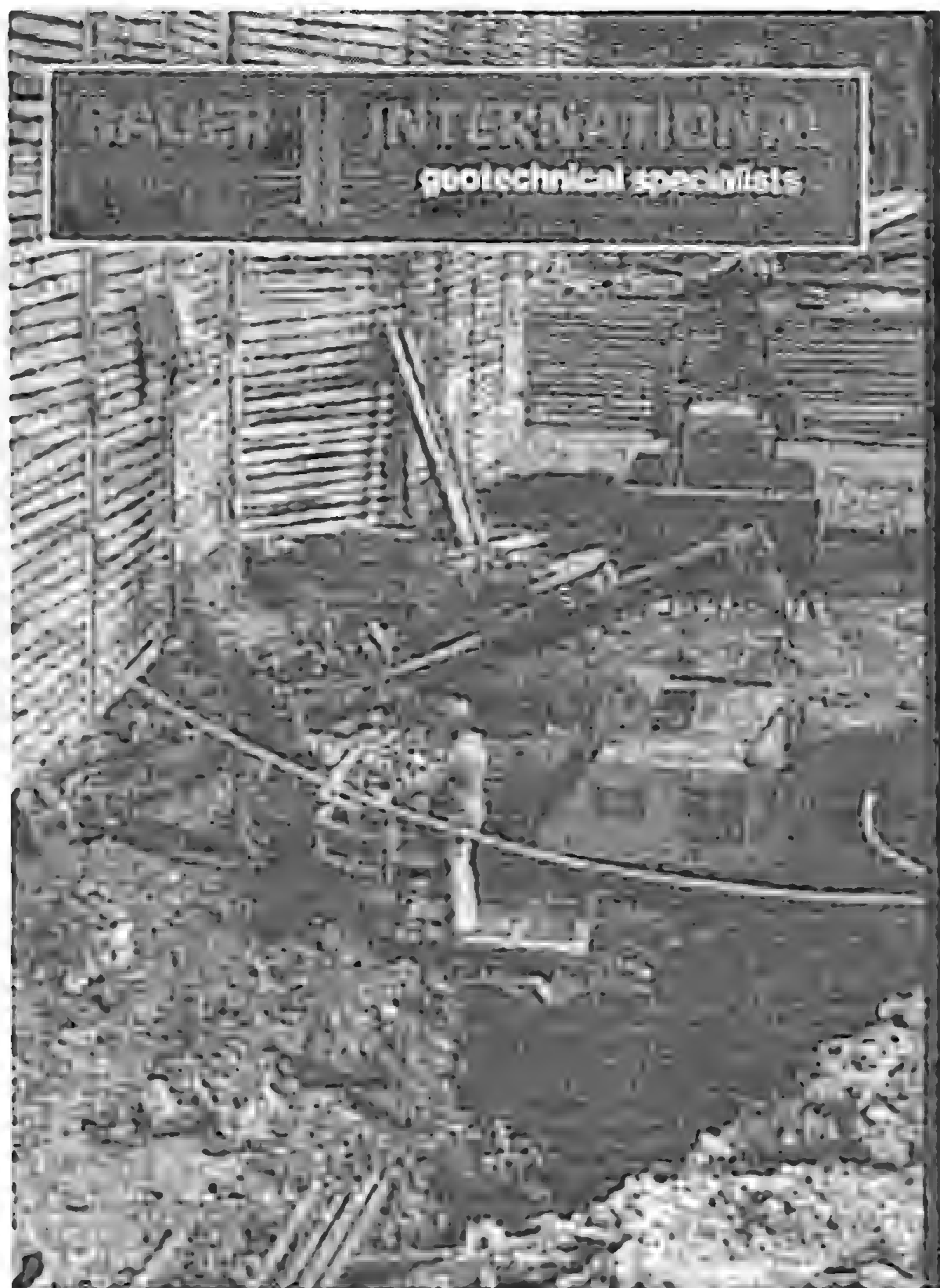
محطة الرفع الرئيسية ببهتيم - صب الارصبة

شكل (٢٥)

محطة الرفع الرئيسية في بهتيم (طاقتها ٨٨٠٠٠٠ متر مكعب / يوم) - صلب جوانب الحفر بالسكائر المعدنية و الشدادات الخلفية - المواسير الظاهرة هي مواسير آبار عميقة لتخفيض المياه الجوفية

تطبيقات علي مشروعات تحت الأنشاء :

شكل (٢٦) .



شكل (٢٦)

تطبيقات نشدادات - بناء حائط خشبي بنظام الشدات المختلفة والشدادات الخلفية - جمهورية ألمانيا

المراجع

- ١ - الكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية .
- ٢ - ندوة أعمال الخرسانة سابقة الأجهاد - معهد التدريب الفني والمهني لشركة
المقاولون العرب .

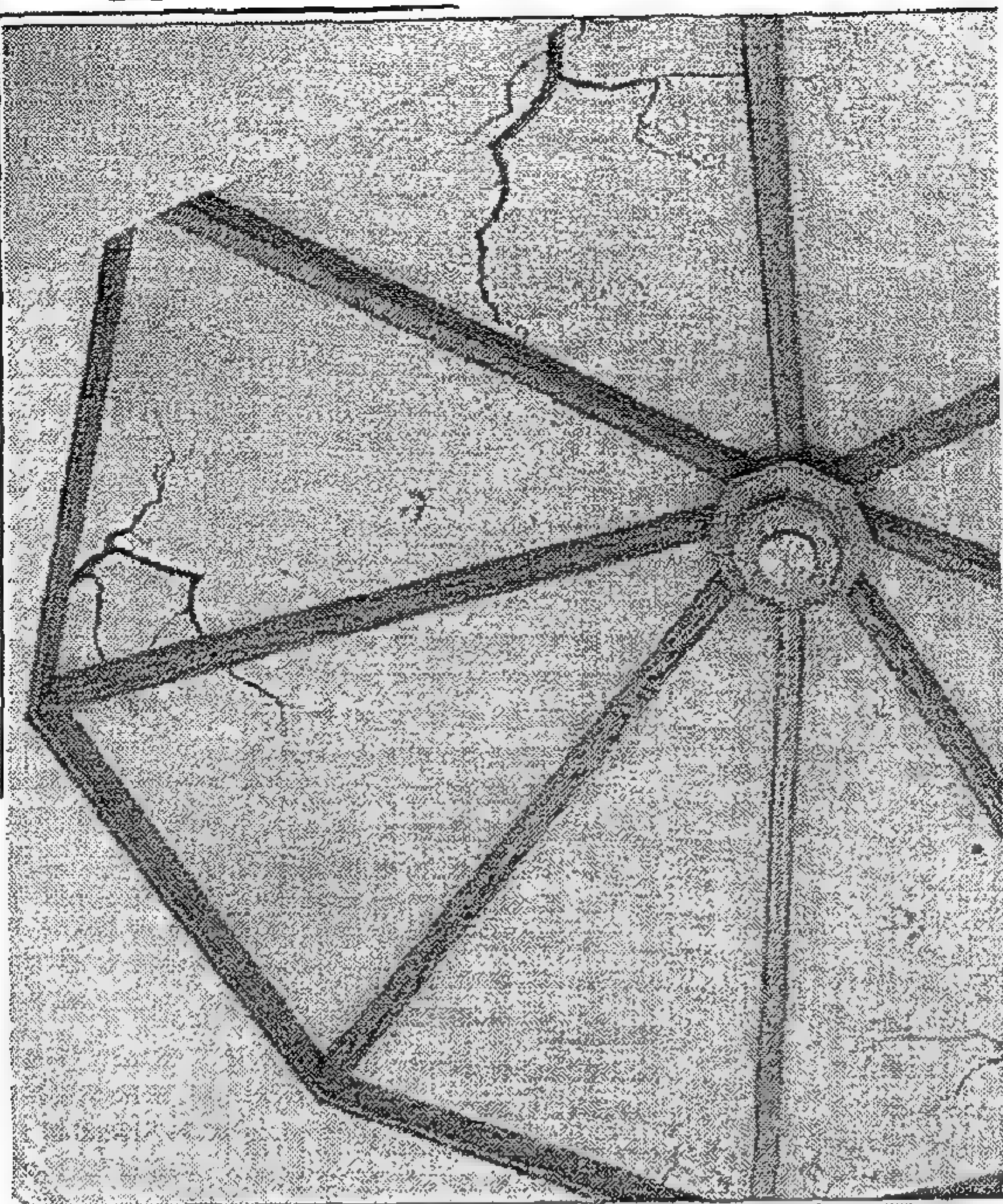
1. Design And Construction Of Ground Anchors

T.H.HANNA

4

الإنشاءات المتميزة

قوة ختم الحفظ



الباب المشهور

البناء بطريقة الأسقف المرفوعة

البناء بطريقة الأسقف المرفوعة

تتلخص ريق التنفيذ بهذه الطريقة كما يلي :

١ - صب الأعمدة في فرم حديدية ثم تنقل إلى موقع العمل - أعمدة سابقة الصب
شكل (١) .

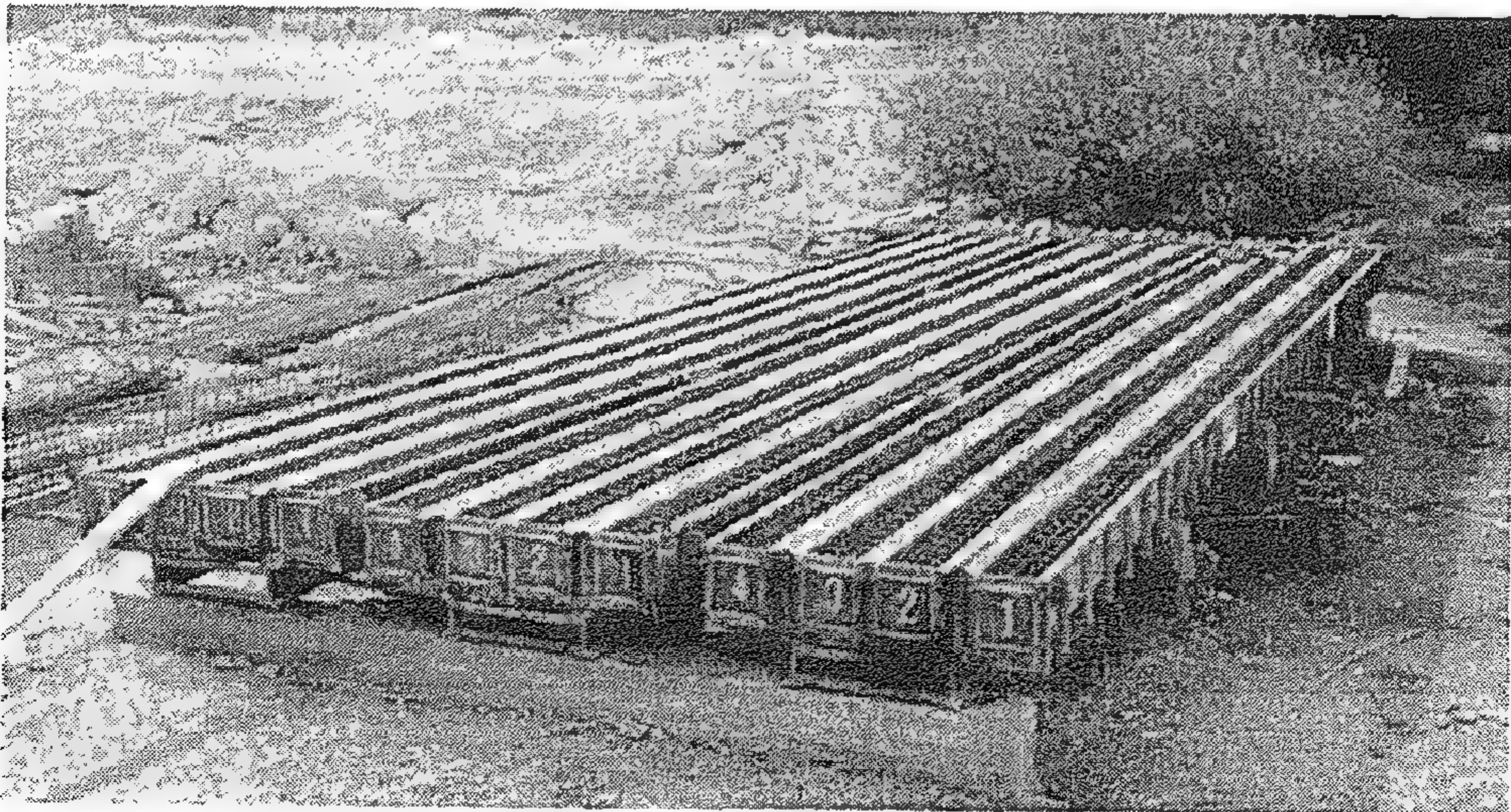
٢ - إنشاء الأساسات المسلحة مع تخليق فراغ في المنتصف لأرتكاز العمود .

٣ - تثبت الأعمدة رأسية تماما وعلي المحاور في أماكنها .

٣ - تصب البلاطات كلها حول هذه الأعمدة ، عدد البلاطات = عدد أدوار المبنى المطلوبة . تصب البلاطات فوق بعضها مع وجود فاصل بينها لعدم التصاق الأسقف مع بعضها .

٤ - ترفع البلاطات بالكامل ، عند منسوب الدور الأول ، يتم تثبيت أول سقف مع الأعمدة . ترفع باقي الأسقف إلى منسوب بلاطة الدور الثاني ويتم تثبيتها مع الأعمدة . ترفع باقي البلاطات إلى الدور الأعلى . وهكذا - شكل (٢) .

COLUMNS FORMWORK



شكل (١) فرم الأعمدة المسلحة السابقة الصب

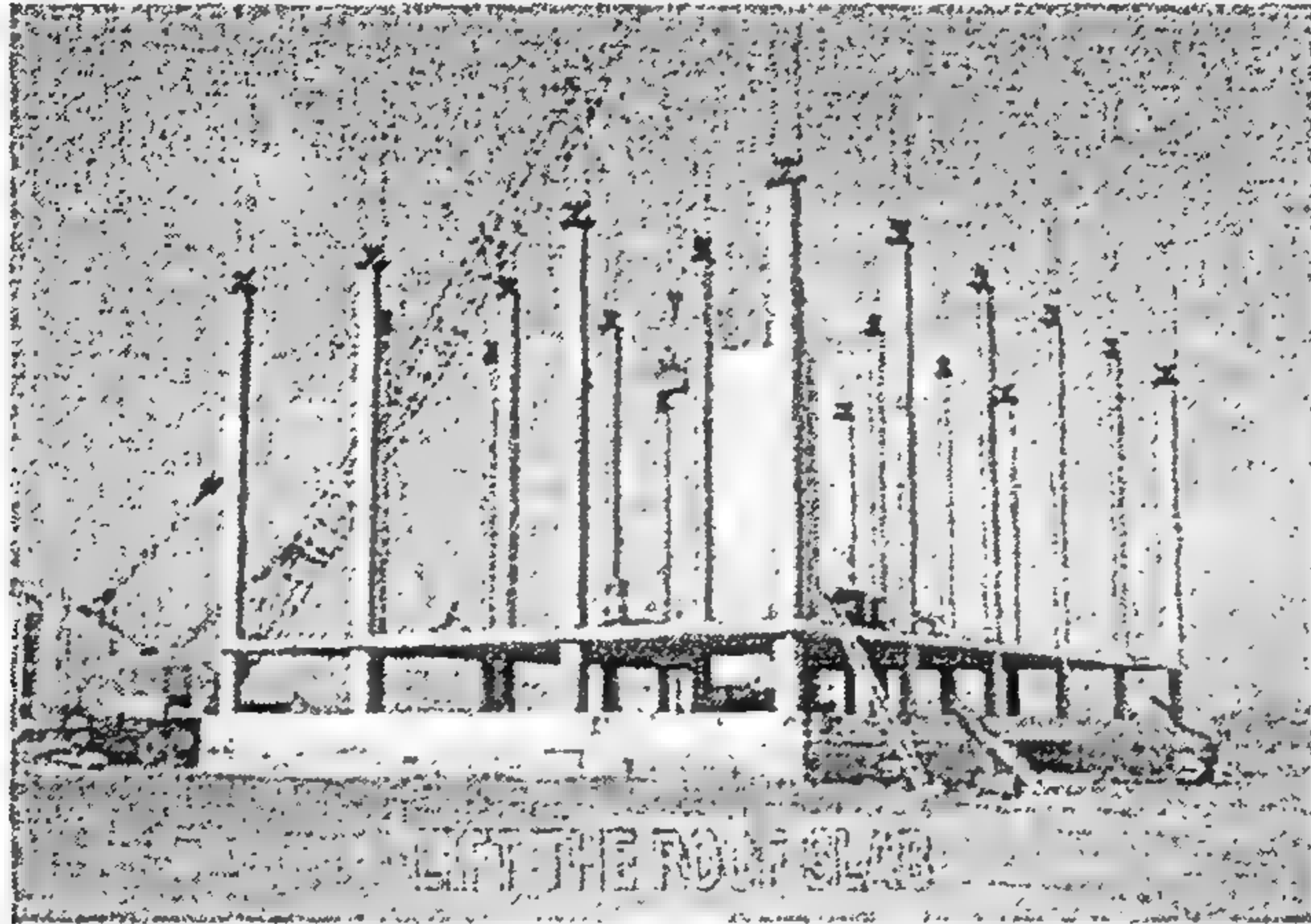
PRECAST COLUMNS



شكل (١) مناولة وتشوين الأعمدة

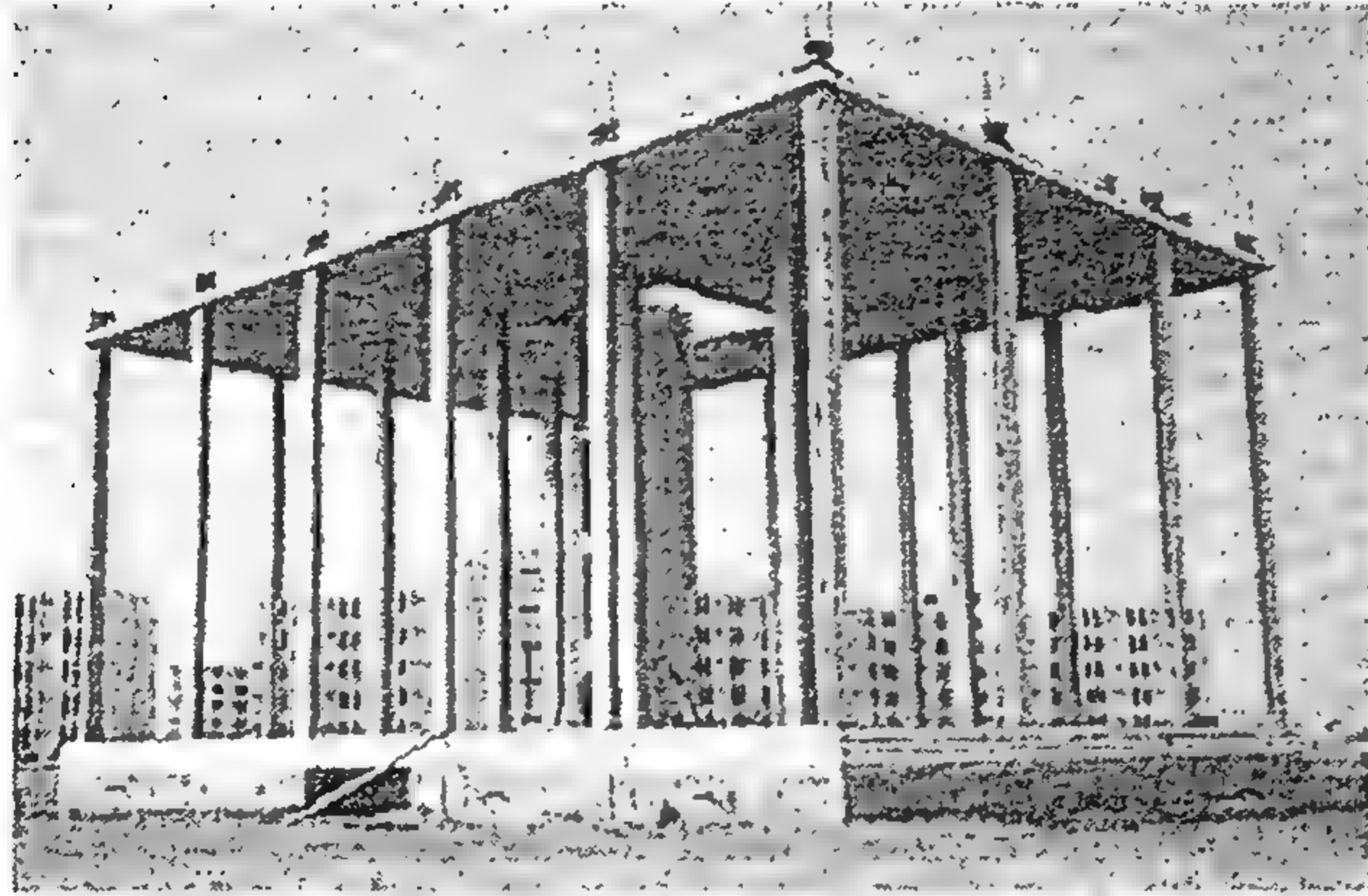


شكل (٢)

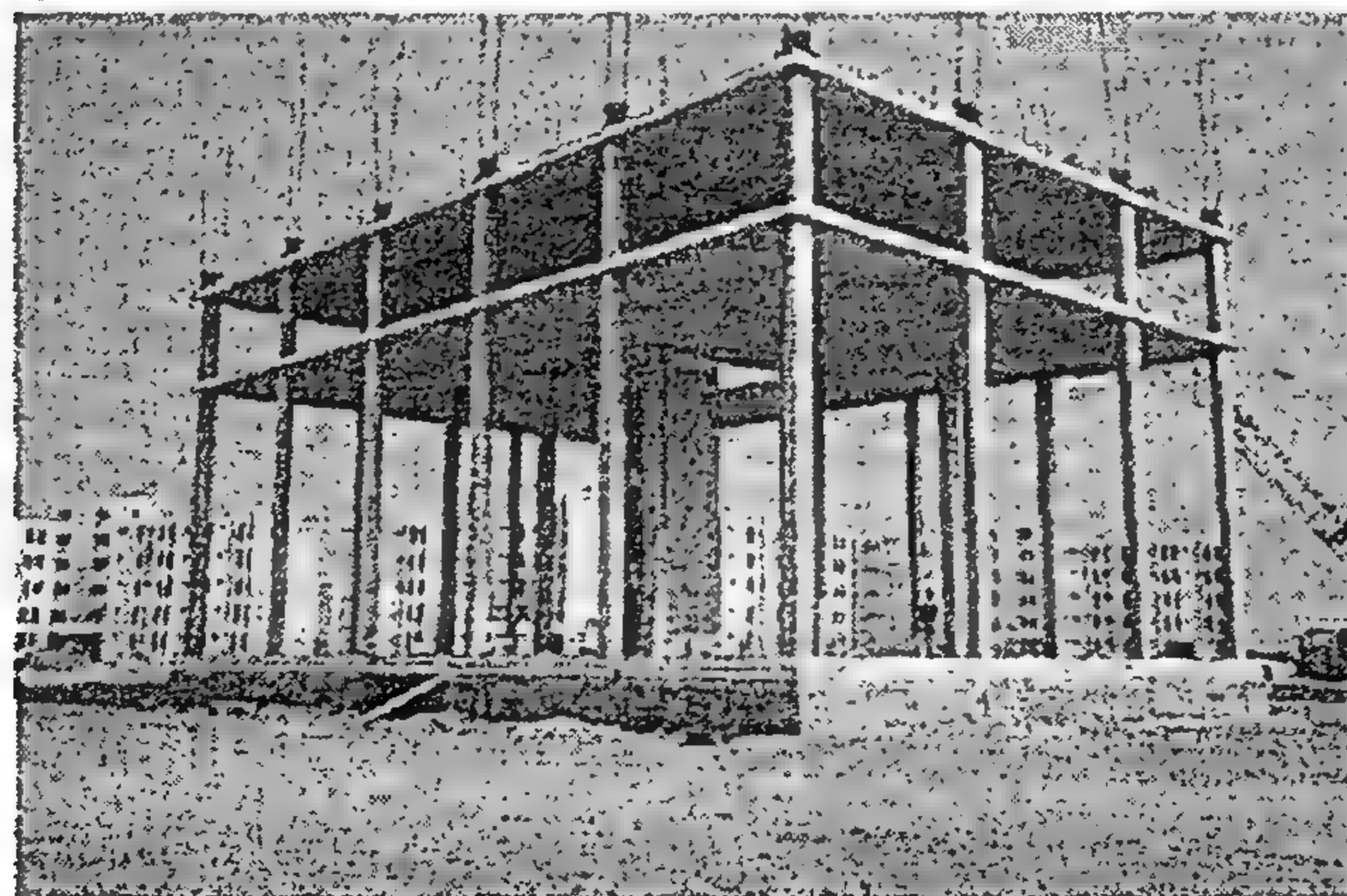


شكل (٢) صب بلاطات الأدوار حول الأعمدة عند منسوب الأرض

خطوات التنفيذ لمبنى من أربعة حوايق :



رفع و تثبيت السقف الأخير في الأعمدة عند منسوب السطح

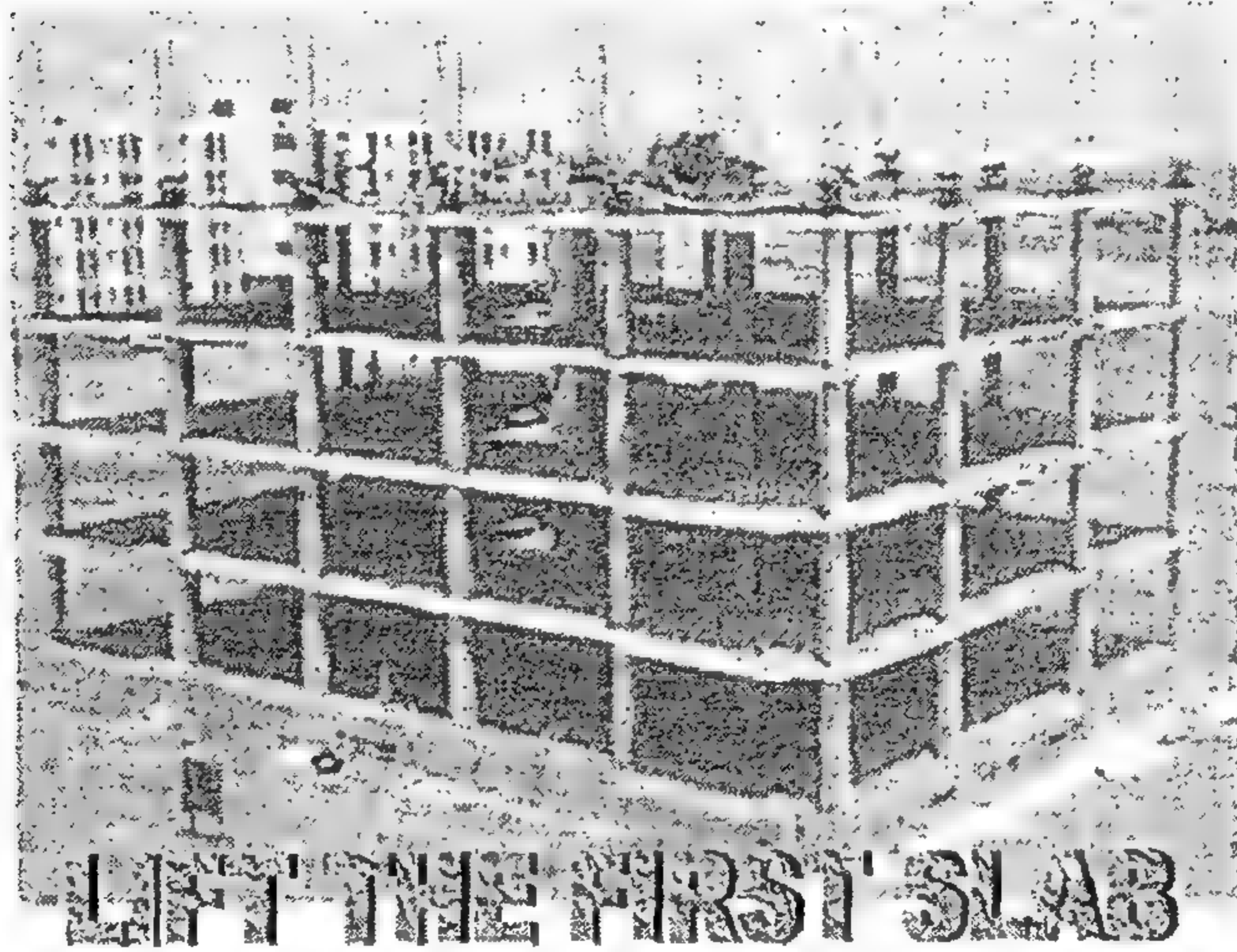


رفع السقف التالي قبل الأخير - الثالث

رفع السقف التالي قبل الأخير - الثالث



رفع السقف الثاني وتثبيتته في الأعمدة



تركيب السقف الأول مع تثبيته في الأعمدة

شكل (٢) خطوات رفع البلاطات

مكونات النظام و طريقة العمل :

١- القميص (الجاويط) :

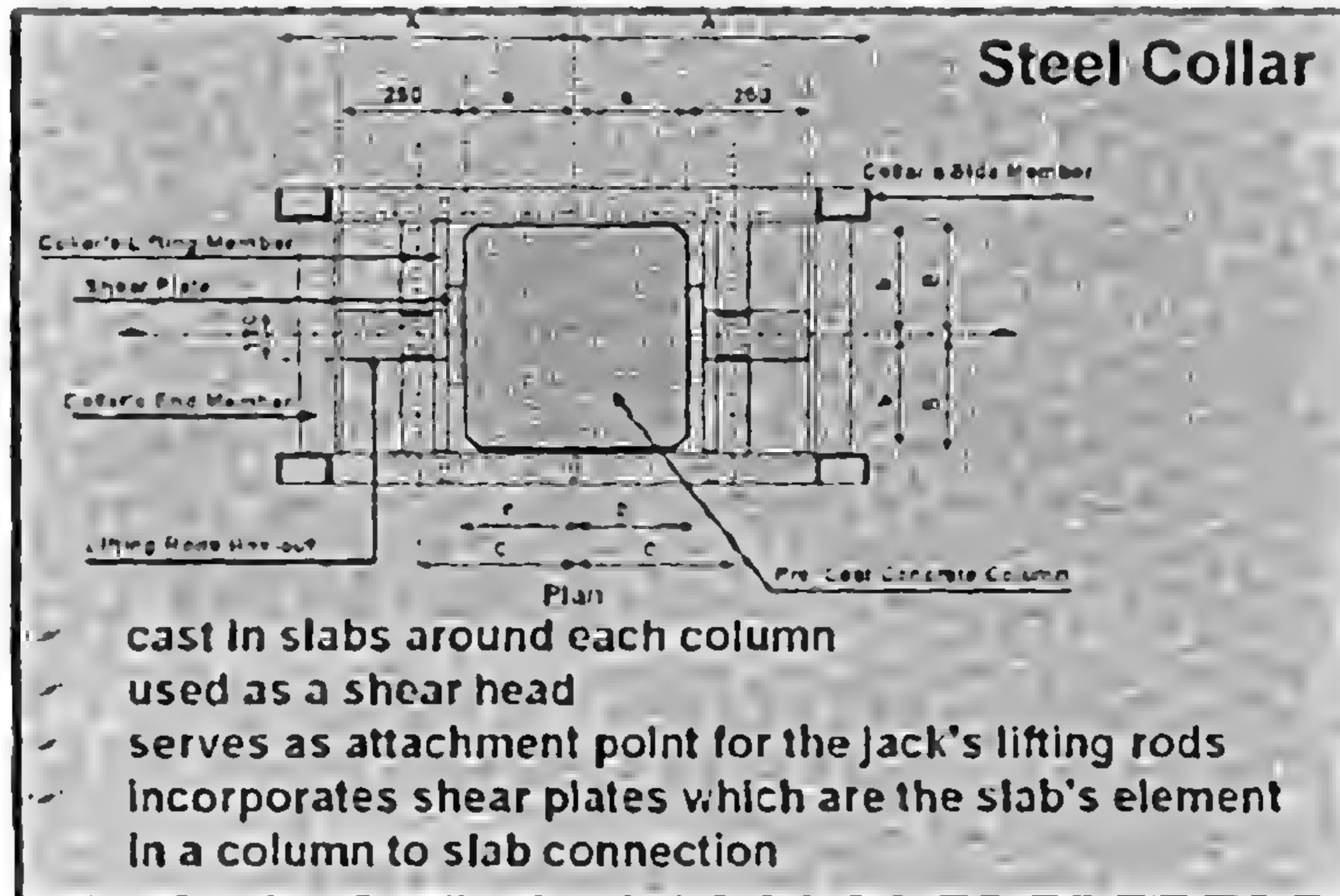
هو عبارة عن قاعدة خرسانية بها تجويف ، الغرض من هذا التجويف هو وضع العمود الخرساني بداخله - شكل (٩) . تحدد الأبعاد طبقا للتصميم . تضبط أفقية وقاع الجاويط بدقه بواسطة ميزان القامة وعلي المحاور . يوضع لوح حديدي يثبت في قاع الجاويط بواسطة نوع من الأسمنت العالي المقاومة . يوضع العمود بداخل التجويف ويملا الفراغ حوله بالخرسانة العادية .

أما السمات ، فتركز بأطرافها على القميص ، وتحدد مسافة الركوب من التصميم. تكون السمات سابقة الصب وتركب مباشرة في الموقع - شكل (٩) .

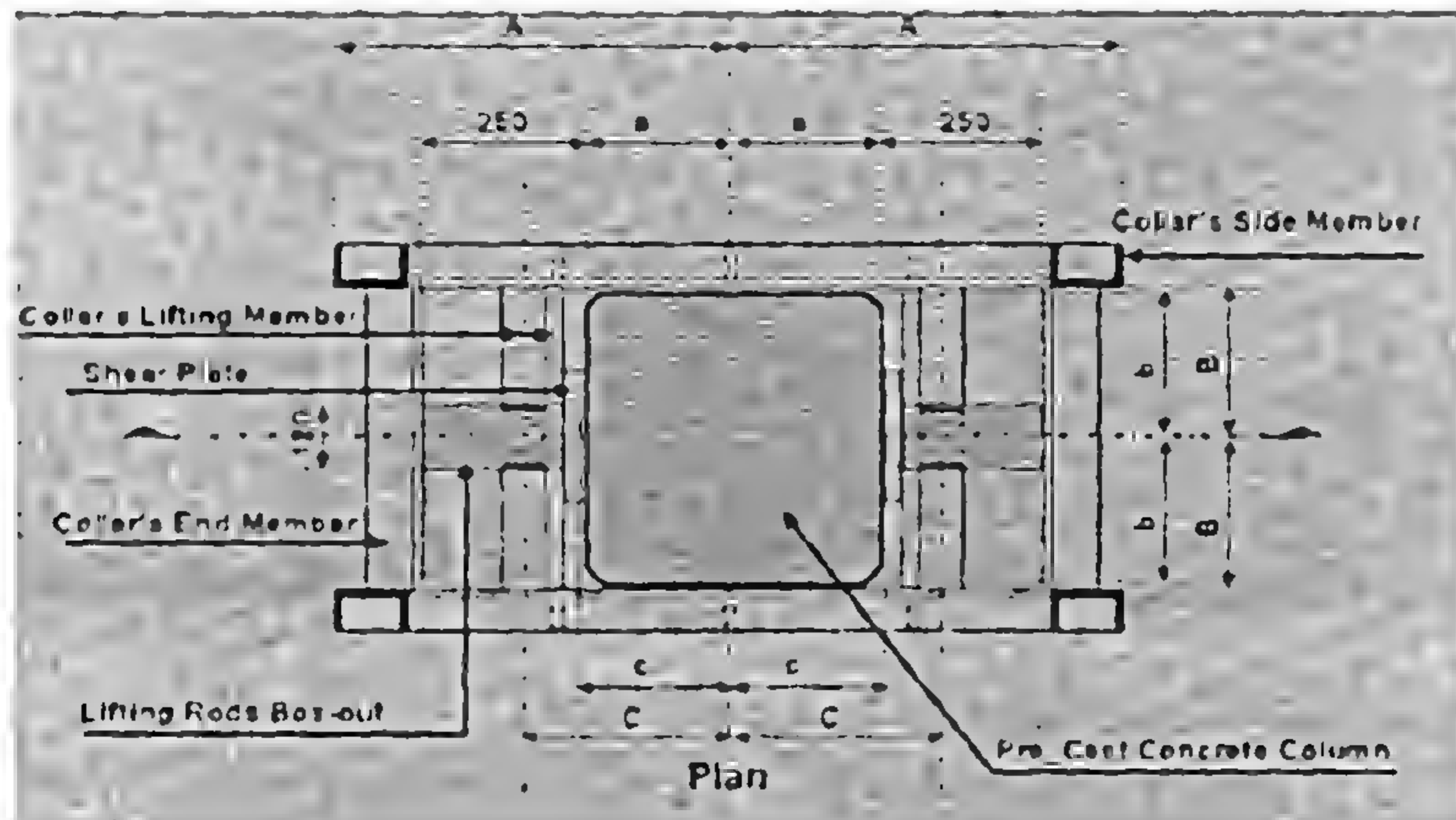
٢- الكولار : Collar

هو عبارة عن هيكل حديدي مكون من كمرتين مجري مثبتتين معا بزاويتين من الحديد، كل زاوية مقواة بلوح معدني ملحوما فيها يسمى لوح القص - Shear Plate - شكل (٣) . والأربعة قطع تكون تجويف العمود . فائدة هذا الكولار تتم بعد تثبيته في البلاطة ، حيث ينقل الحمل من البلاطة إلى العمود .

Lift Slab Connection Elements



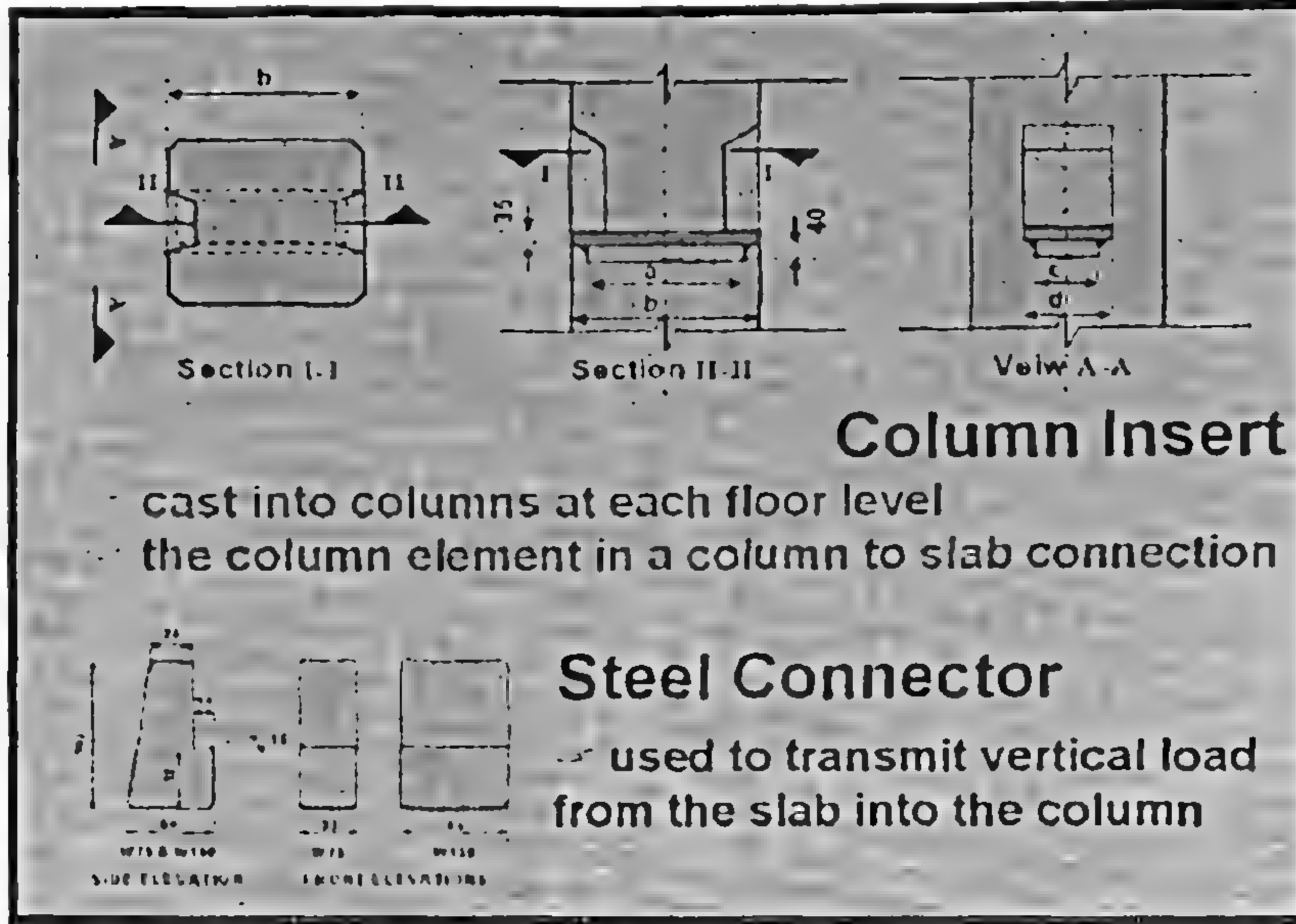
الكولار



شكل (٣) الكولار

٣ - الأنزرت : Insert

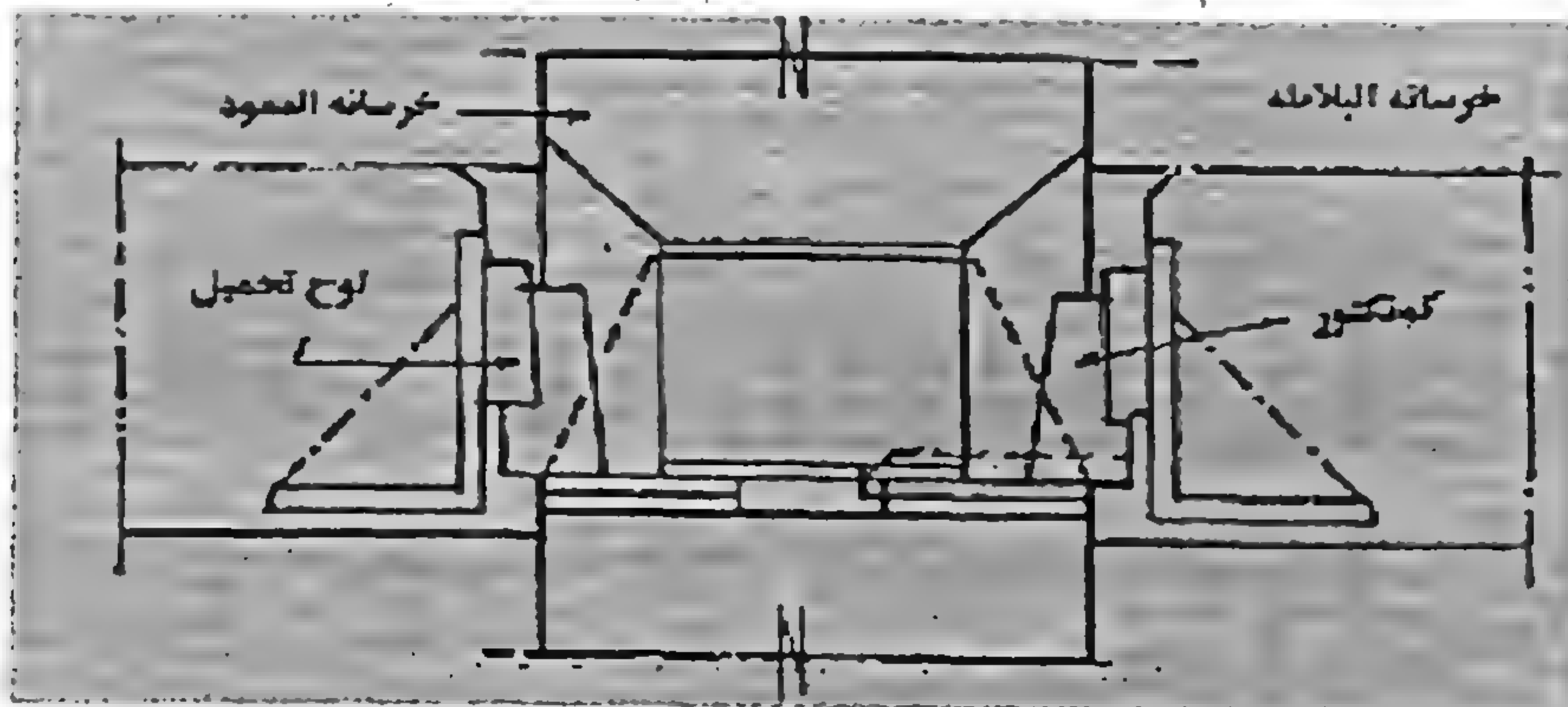
هو جزء من كمره معدنية توضع قبل صب العمود وعلي ارتفاع معين يكون عند منسوب الدور تماما لترتكز عليه البلاطة بعد رفعها . يجب أن تكون أحرفه موازية تماما لأحرف العمود ولا يتعدى الفرق المسموح به عن ٥٠ مم - شكل (٤) .



شكل (٤) الإنزرت والكونكتور

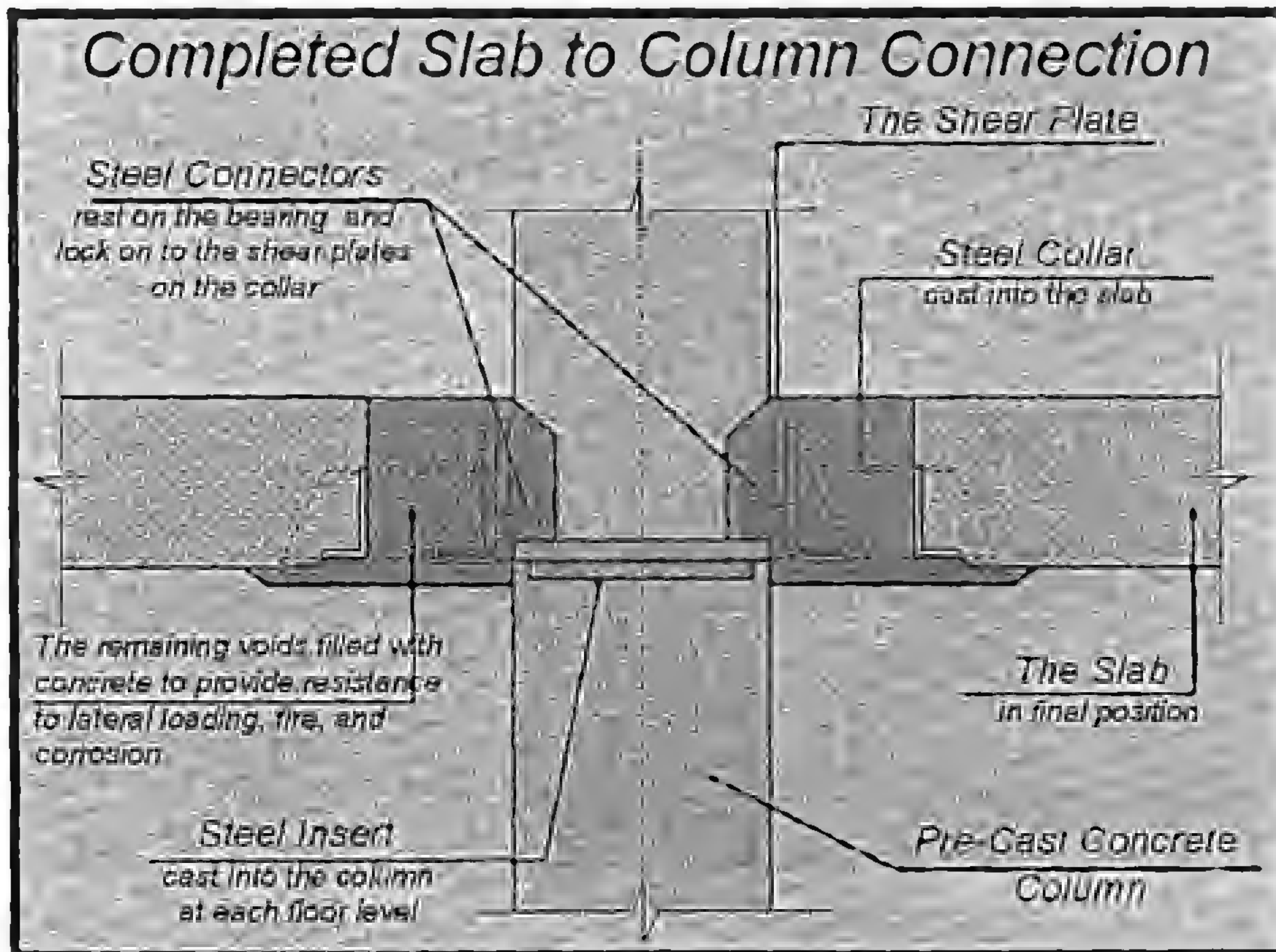
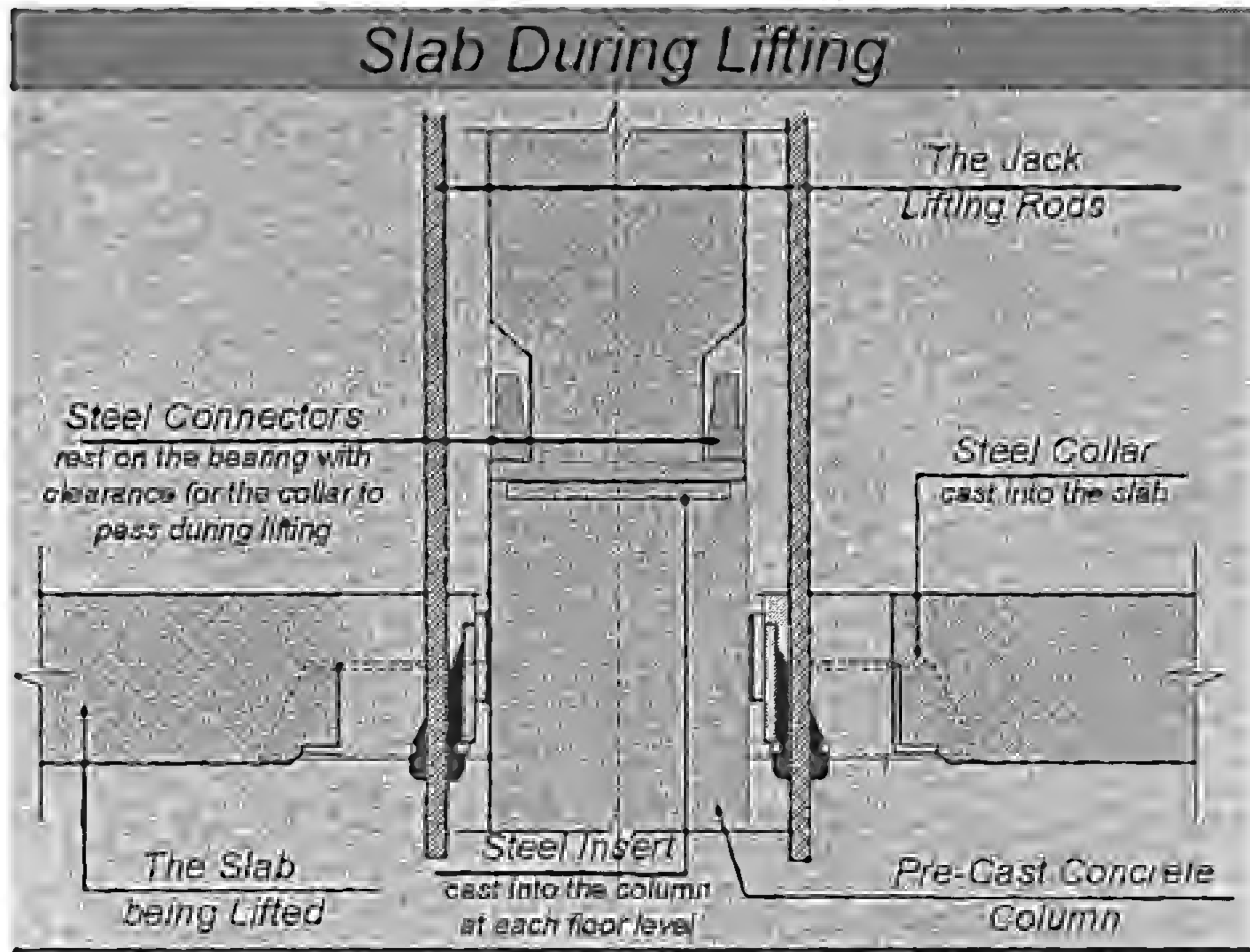
٤ - الكونكتور : Connector

هو عبارة عن كتلة حديدية يرتكز عليها لوح القص لنقل حمل البلاطة إلى العمود - شكل (٥) . ولإيضاح تفاصيل رفع البلاطات (من منسوب سطح الأرض) - شكل (٥) قضبان الرافعة مثبتة أمام الكولار والمصبوب عليه داخل البلاطة .



شكل (٤) الكونكتور

تفاصيل رفع البلاطة وتثبيتها مع العمود - شكل (٥) :



شكل (٥)

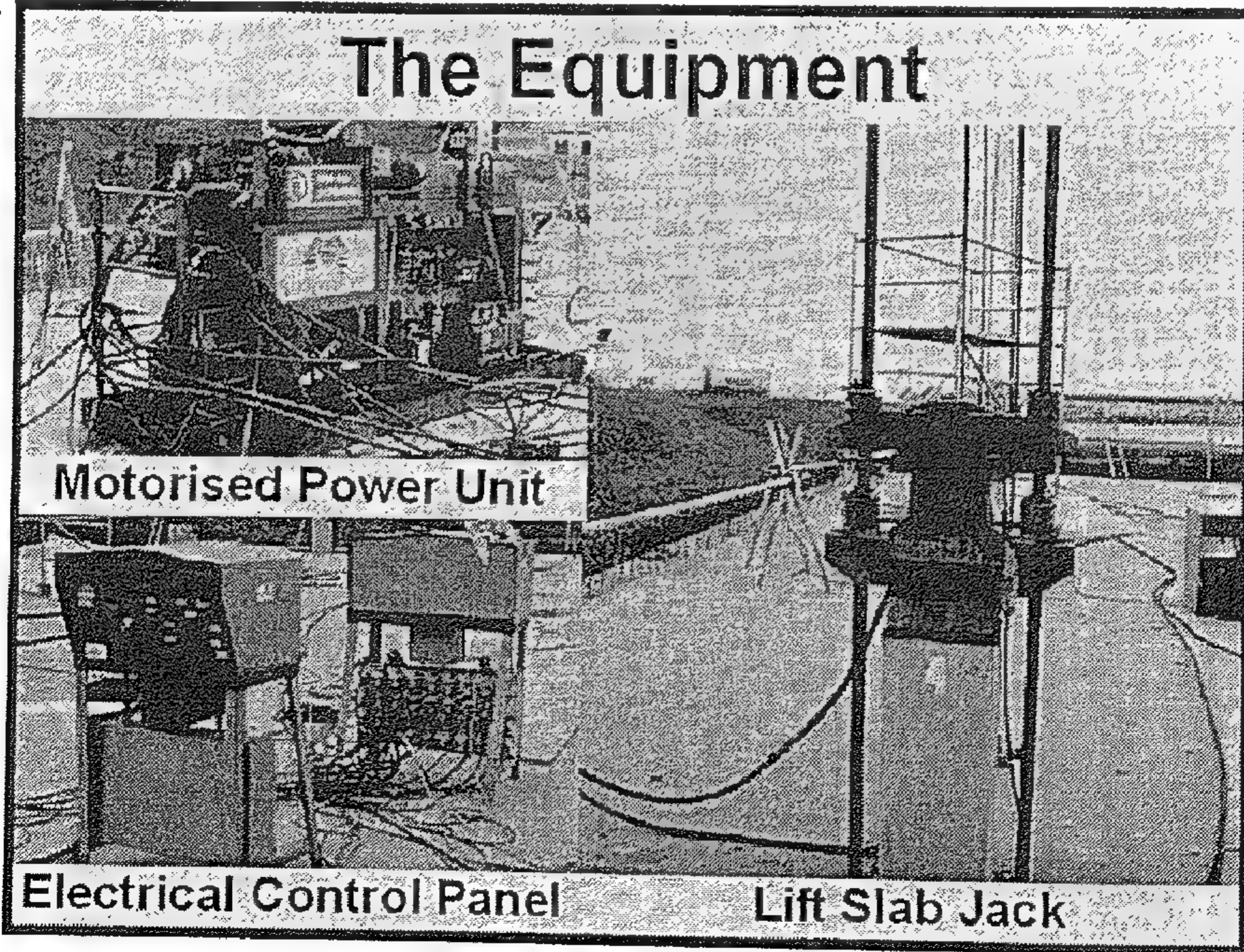
تفاصيل رفع البلاطة وتثبيتها مع العمود

نظام الرفع :

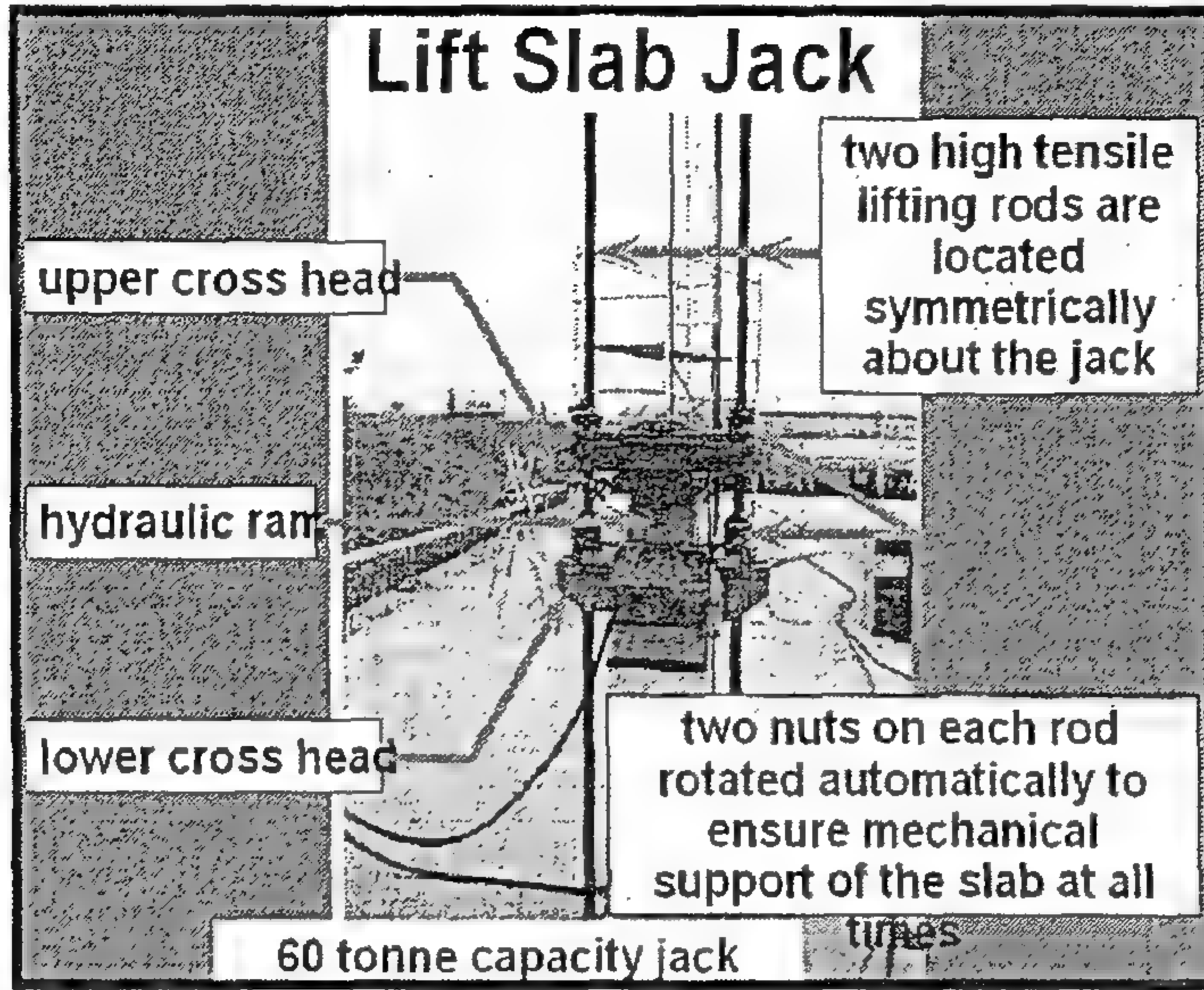
تتكون معدات الرفع من الأجزاء التالية :

١ - الروافع Hydraulic Jack :

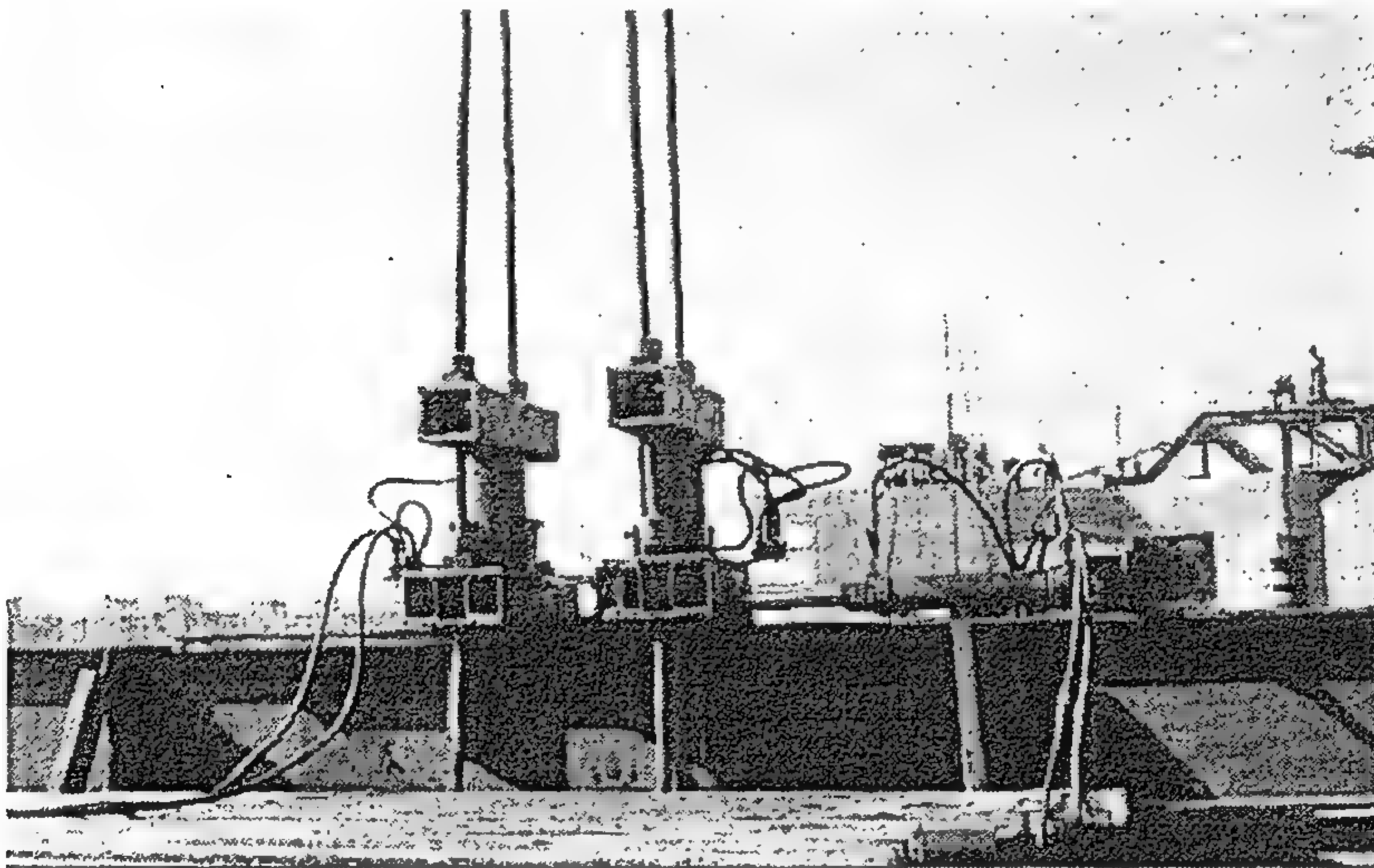
تتكون من رافعة هيدروليكية ، تعمل بضغط الزيت ، مشوارها = ٢/١ " ، توضع علي قمة كل عامود . يتصل بالرافعة ٢ عمود حديدي عالي المقاومة و مقلوظ بكامله يتدليان من رأس معدني محمل علي الرافعة عند قمة العامود ليصلان إلى الجسم المراد رفعه . ويمكن مد طول الأعمدة الحديدية المذكورة لأي طول مطلوب . يتصل بالأعمدة الحديدية صواميل الرفع (فوق وتحت الرافعة) - شكل (٦) . عند انفراج الرافعة ، يتم التحميل علي الصواميل العليا والسفلي للرافعة لتقوم برفع المنشأ . عند انكماش الرافعة ، تدور الصامولة السفلي إلى أعلى ليتم تحميل الرافعة مره أخرى (أوماتيكيا) ثم تبدأ في الانفراج مرة أخرى وهكذا . طاقة كل رافعة = ٥٠ طن ، وتتراوح مسافة الرفع من ١,٢٥ - ٣ متر / ساعة . الرفع الاقتصادي يكون بارتفاع ٣٠ - ٤٥ متر .



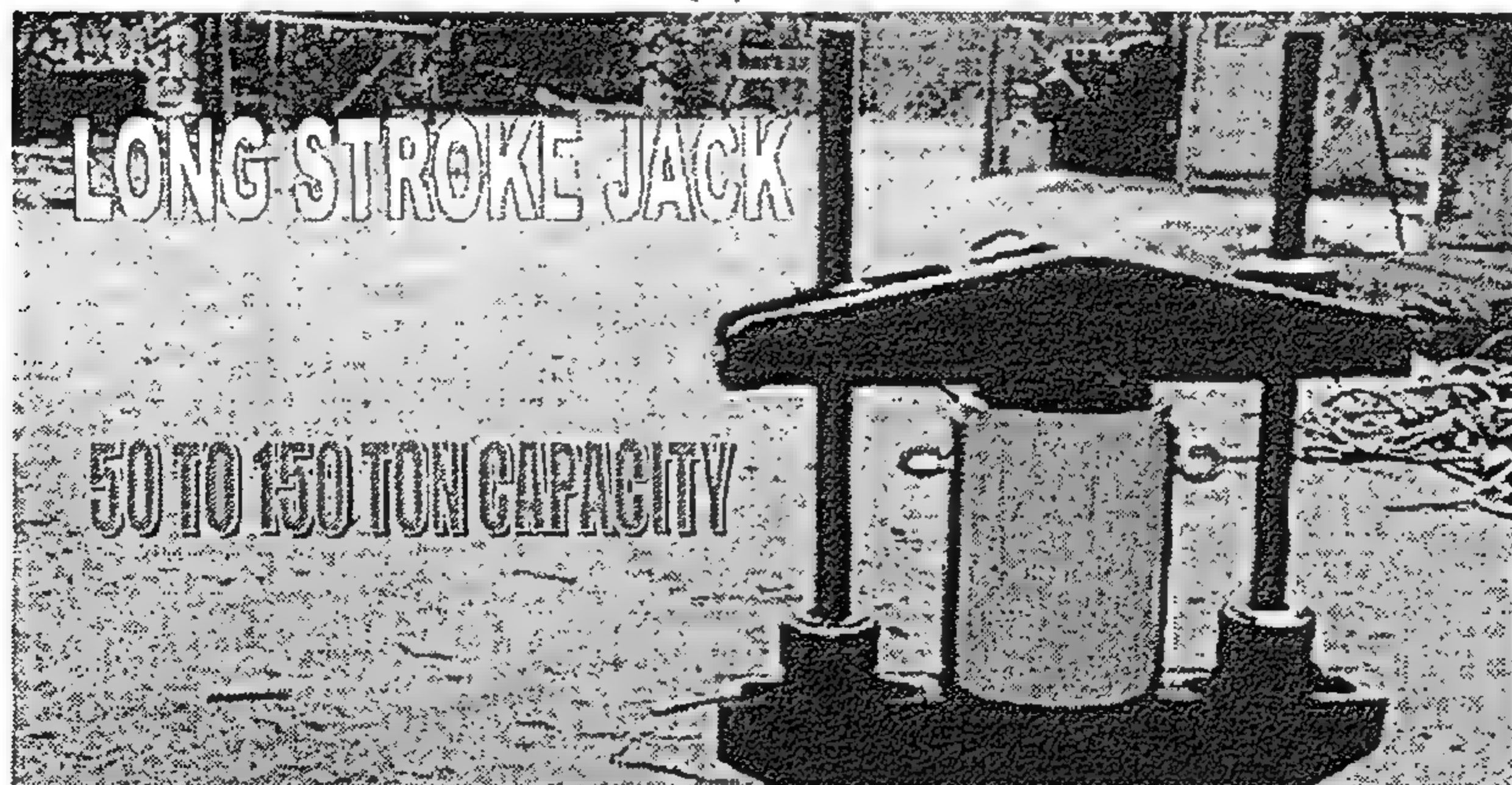
شكل (٦)

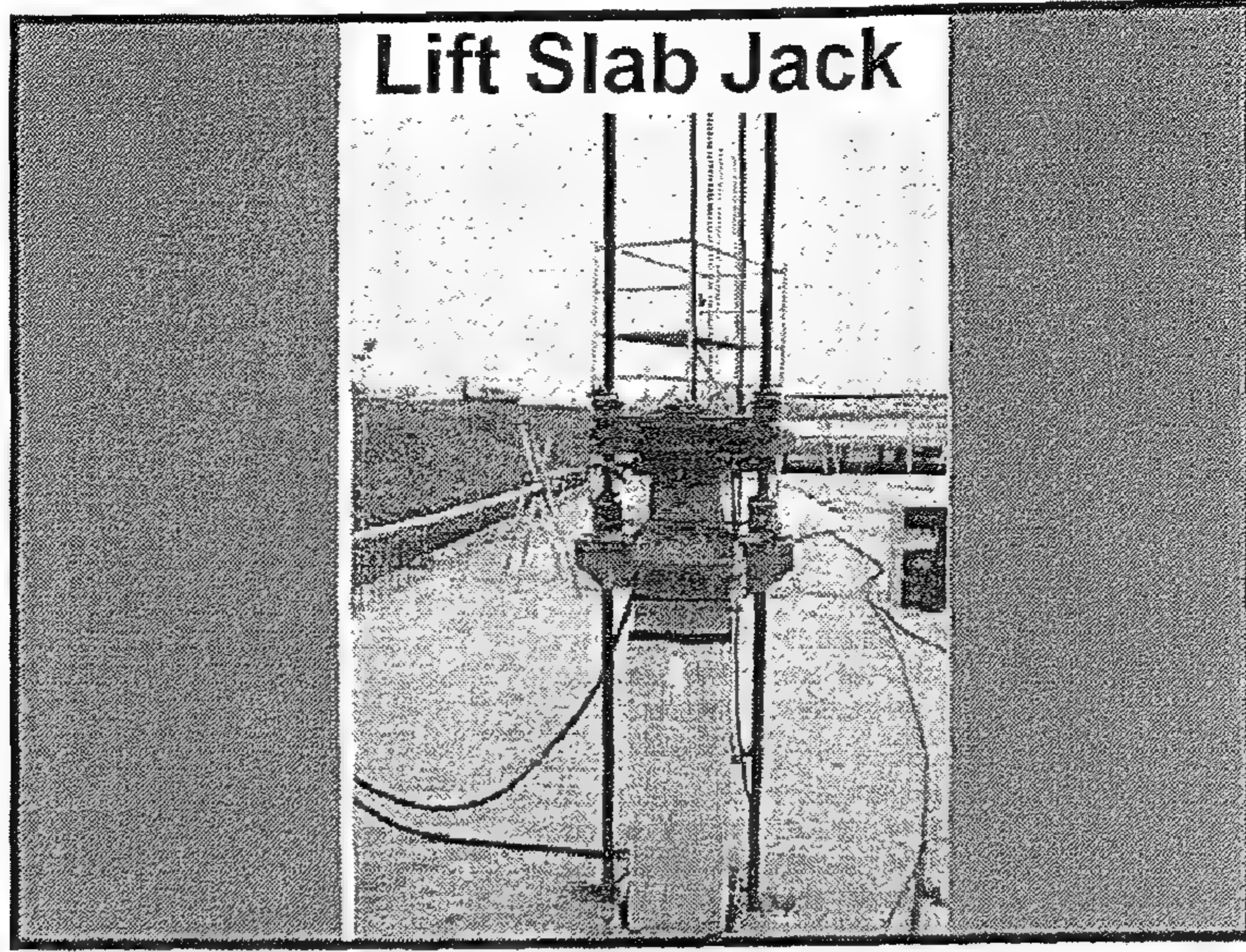


شكل (٦)



شكل (٧)





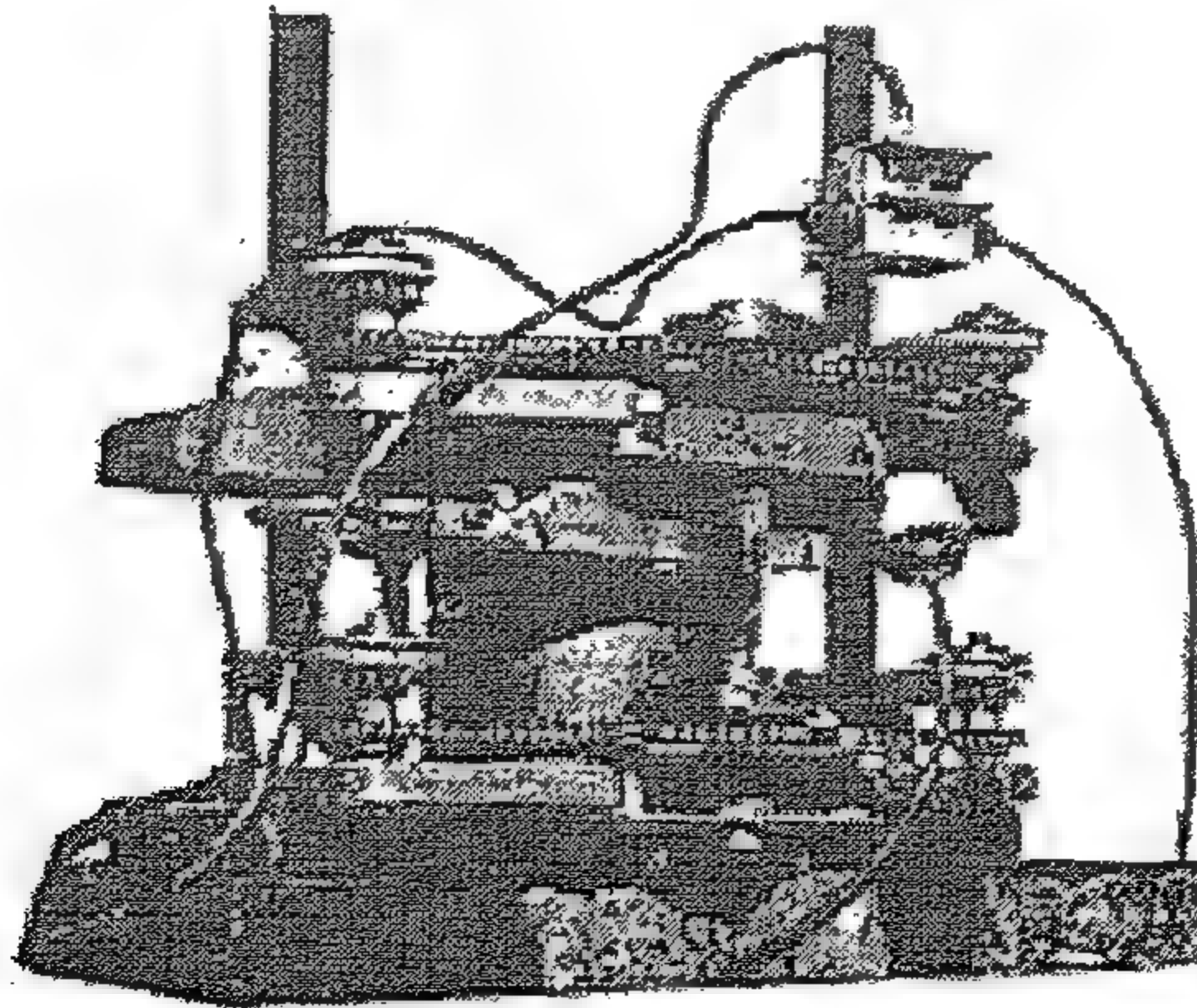
شكل (٦) الروافع

٢ - وحدة التحكم : Control Console

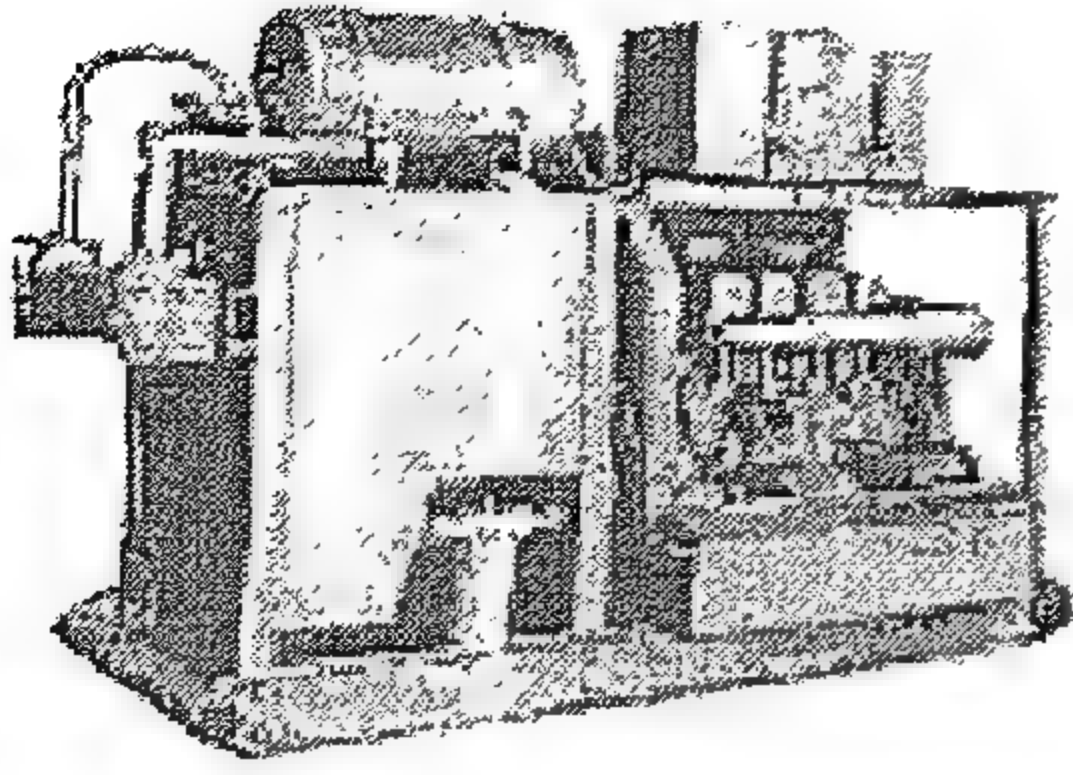
تقوم وحدة التحكم بضخ الزيت الوارد لها من مضخة الزيت إلى الروافع بشكل متساوي حتى لا تكون هناك روافع أعلى من روافع . وفي حالة إخفاق أي رافعه من العمل - لعطل مثلاً - فإن باقي الروافع تتوقف تلقائياً شكل (٧) .

٣ - مضخة الزيت : Power Unit

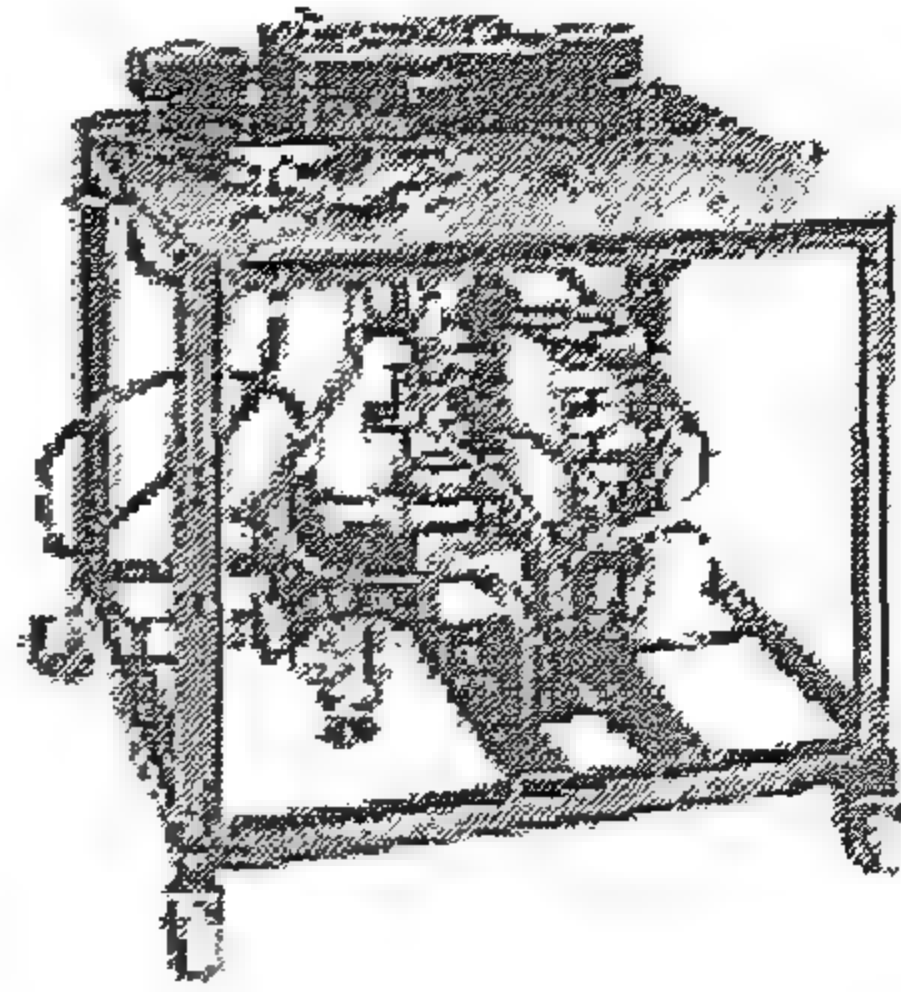
تتكون هذه المضخة من طلمبه ضغط عالي تعمل بماكينة ديزل لإعطاء الضغط الهيدروليكي المطلوب الذي يذهب بدوره إلى وحدة التحكم - شكل (٧)



الروافع الهيدروليكية



مضخة الزيت



وحدة التحكم

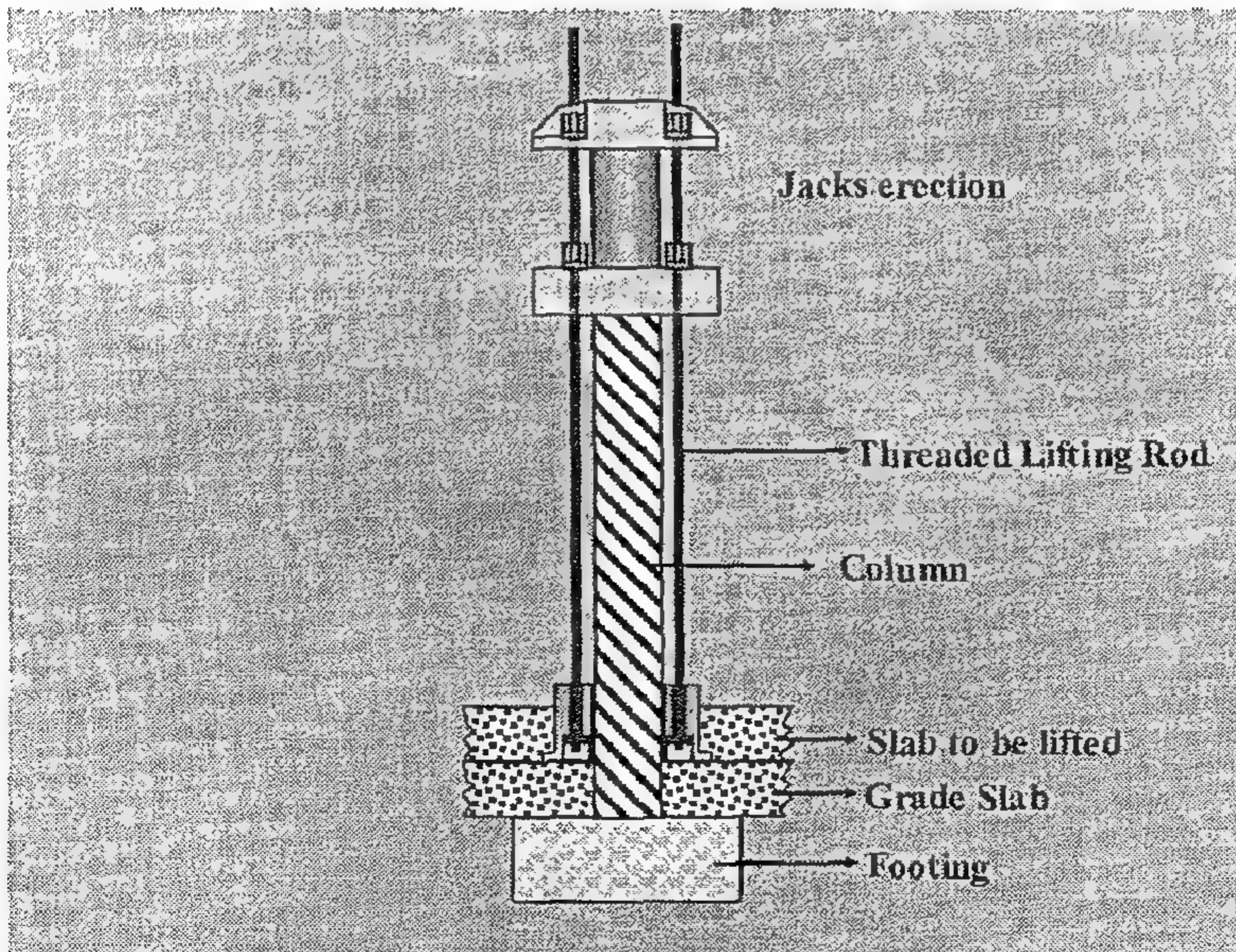
شكل (٧)

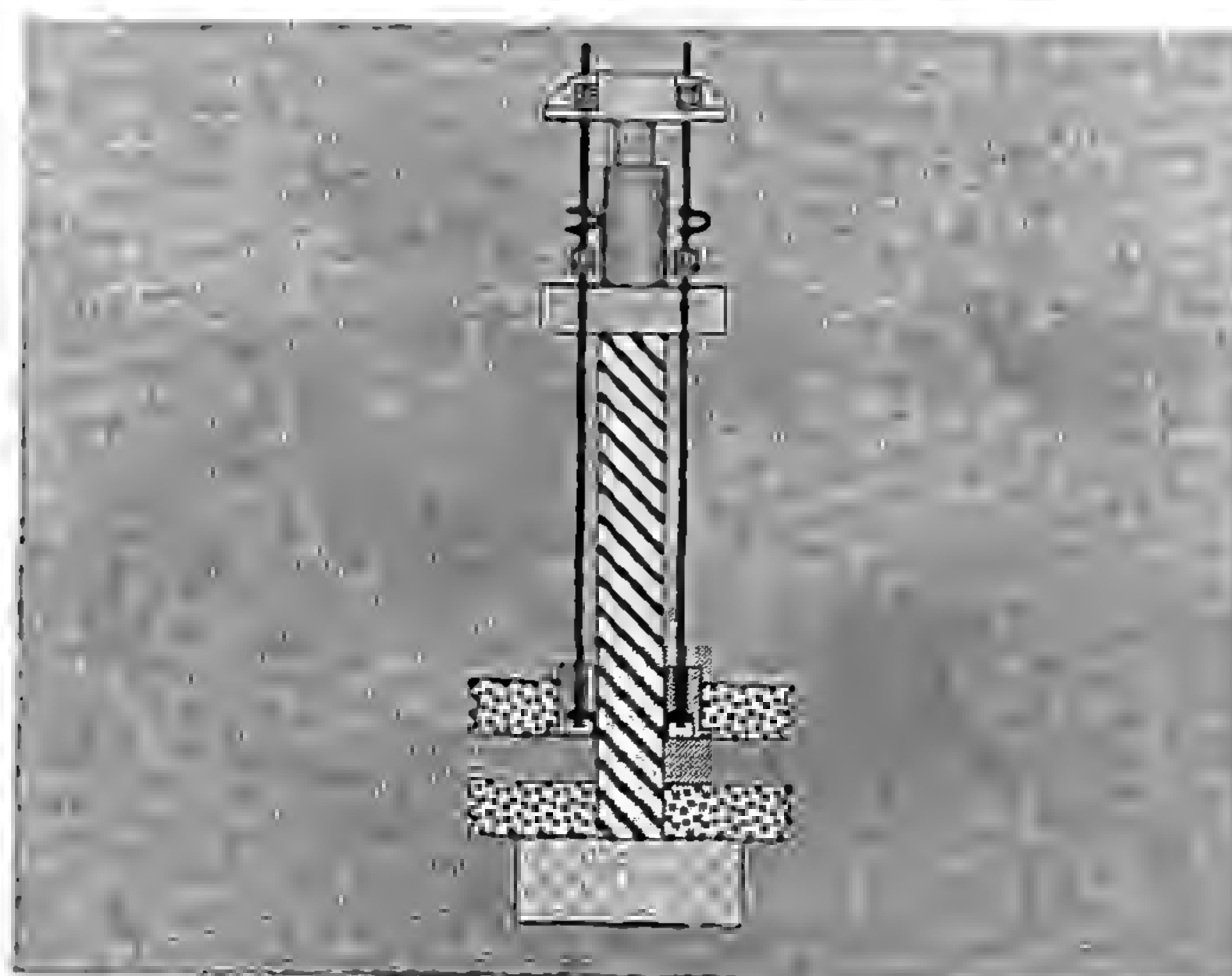
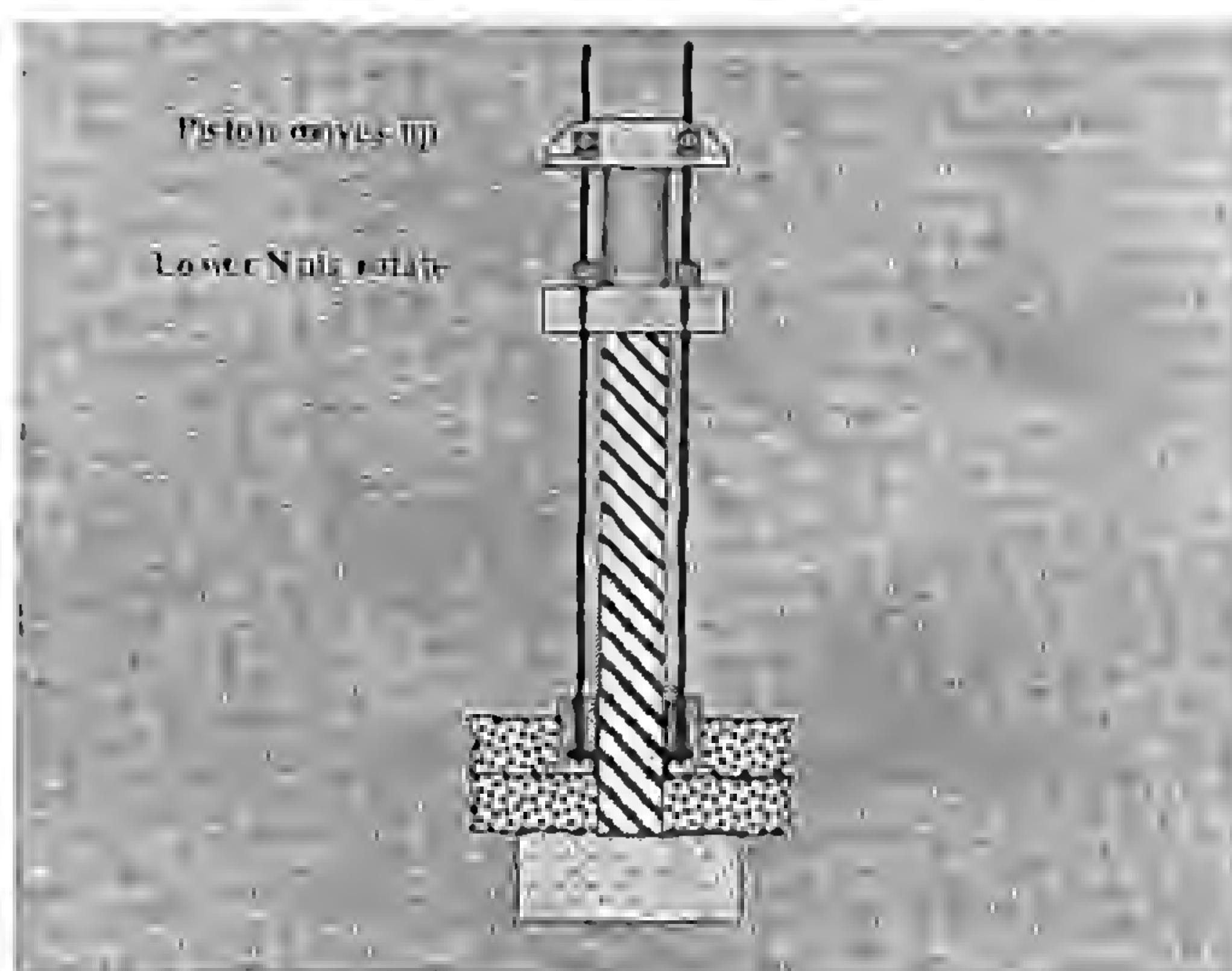
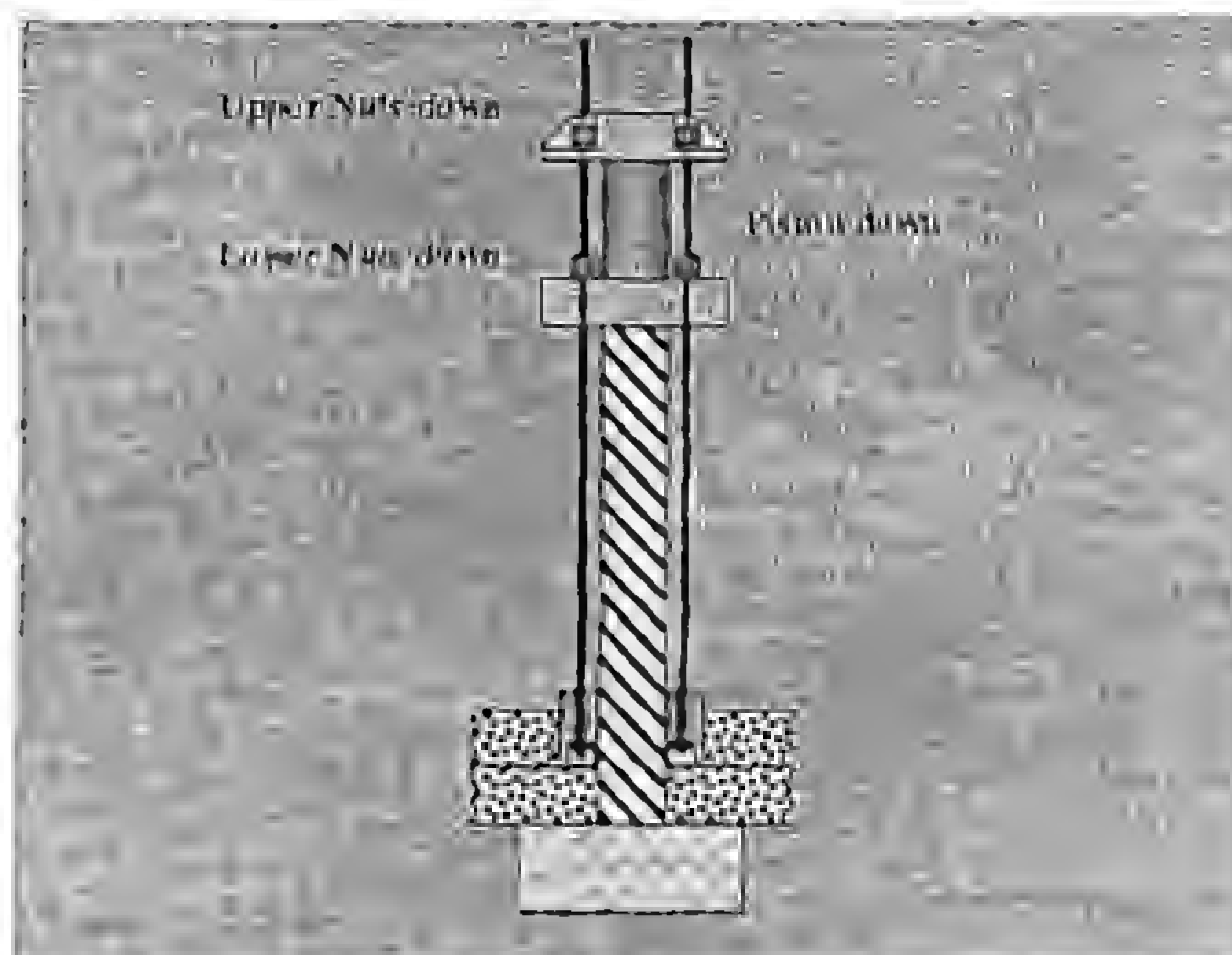
وحدة التحكم - يظهر أيضا الروافع الهيدروليكية وكذا مضخة الزيت

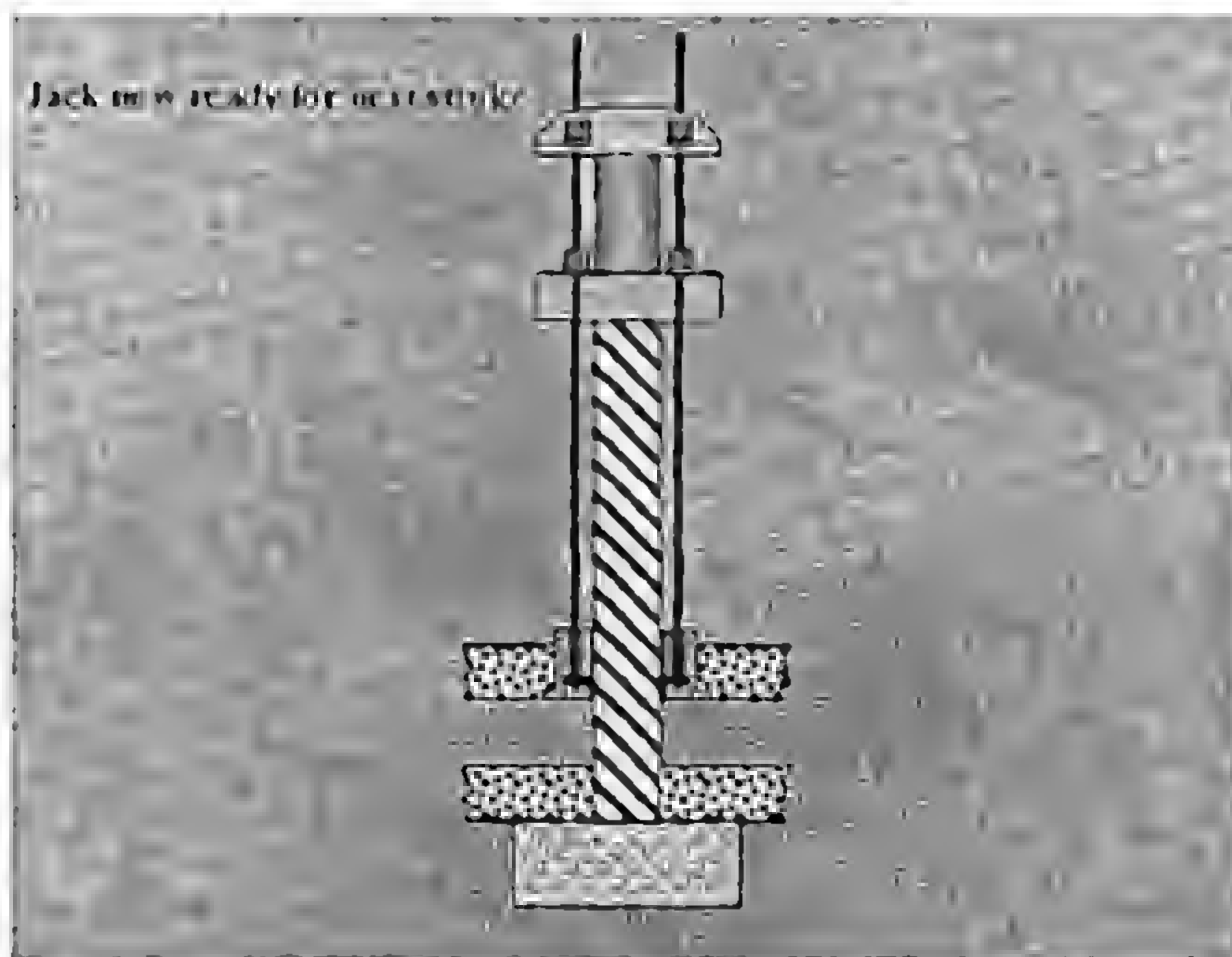
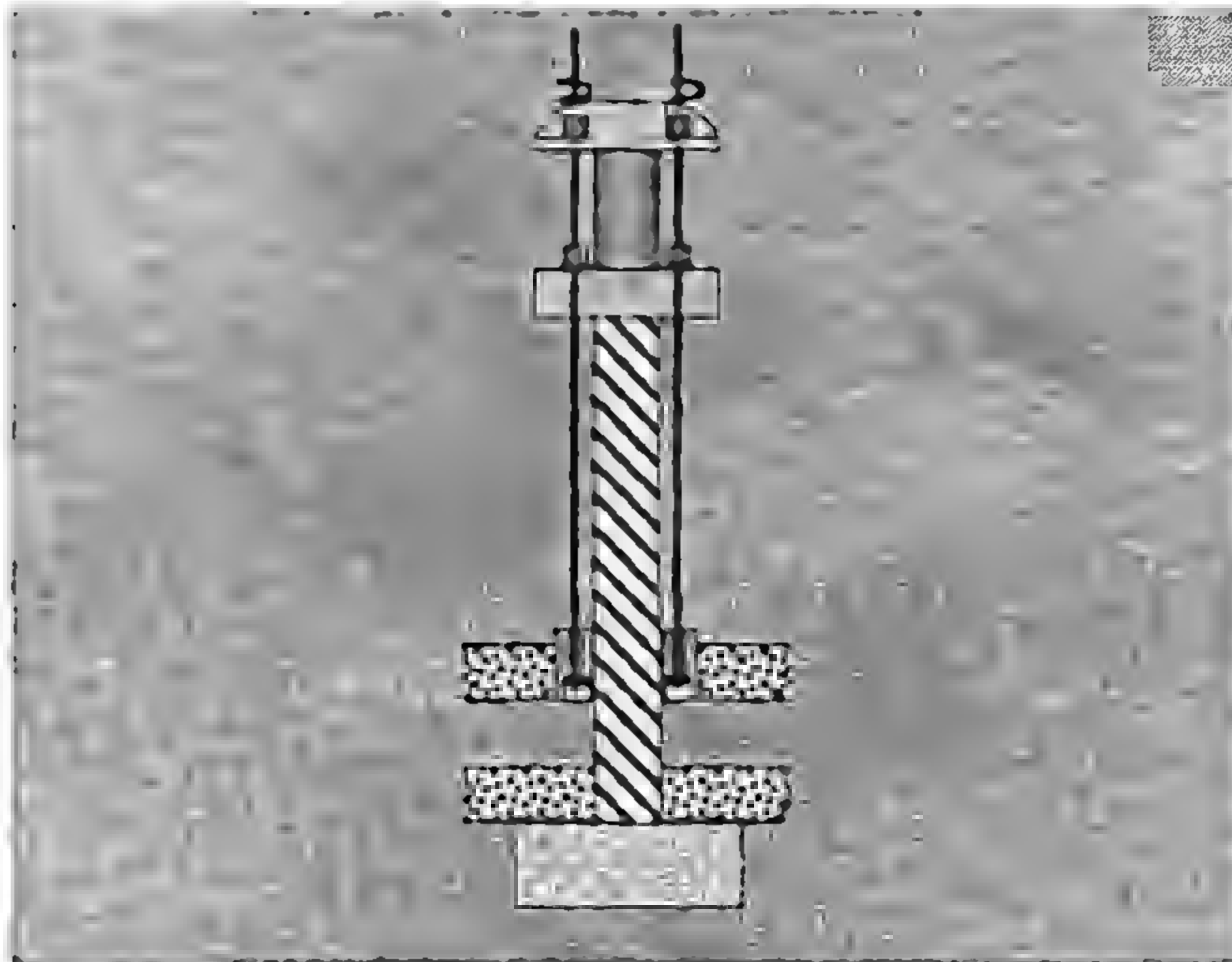
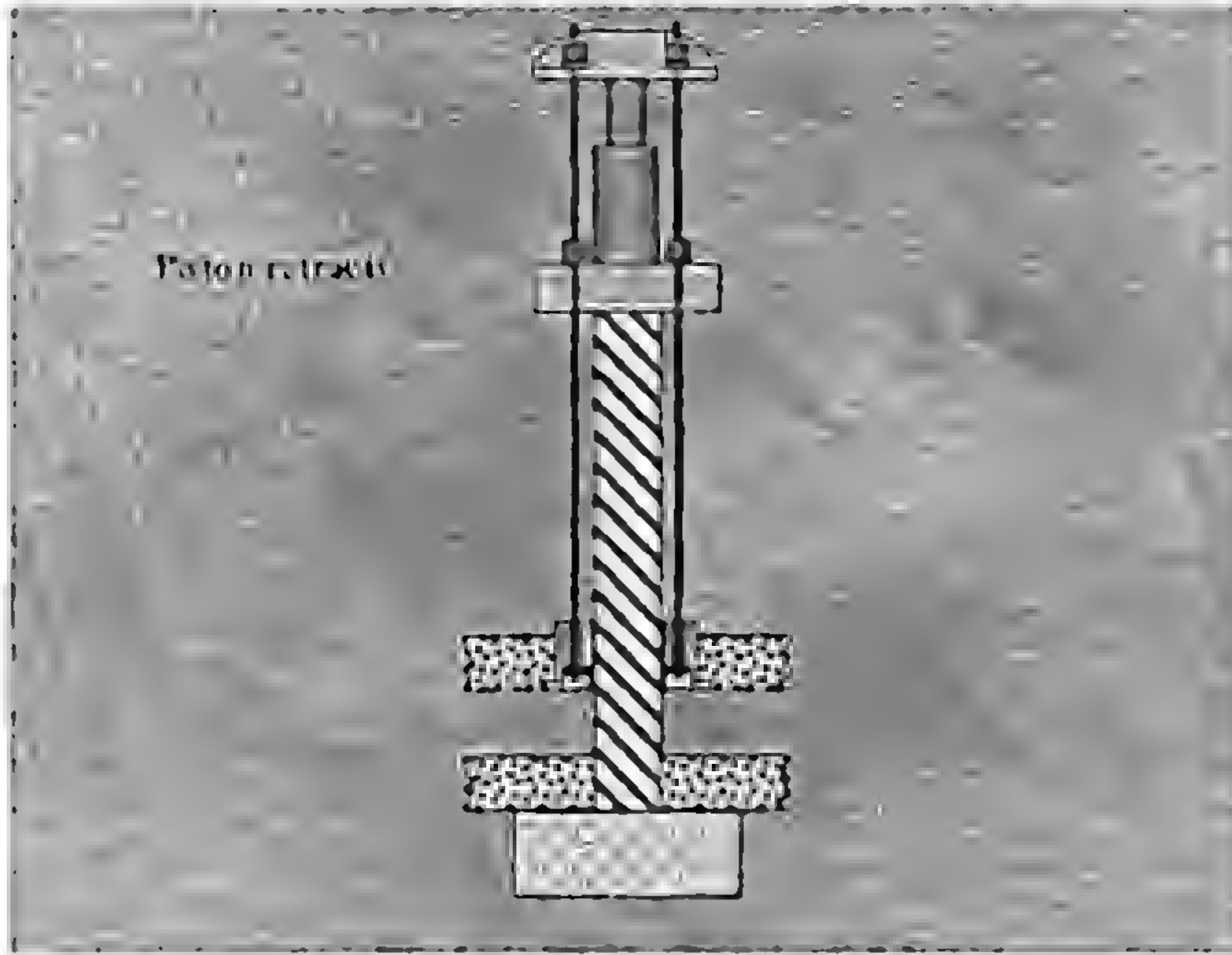
الروافع :

كيف تعمل الروافع ؟

شكل (٨) .







شكل (٨) طريقة عمل الروافع

طريقة الإنشاء :

أولا : تجهيز الأعمدة :

١ - تكون هذه الأعمدة سابقة الصب ويكون طولها = ارتفاع المبنى ، كما يكون قطاعها ثابت بكامل ارتفاعها ، يتم وضع حديد التسليح داخل الفرمة ثم توضع الأنزرتات في أماكنها بدقة بحيث تكون أحرفها موازية تماما لأحرف العمود ، كما توضع قطعه من الفوم فوق الأنزرتات لتخليق تجويف علي شكل مكعب (الذي سيوضع فيه الكونكتور) . تتركب هذه الأنزرتات في أماكنها بكل دقة وعلي الأبعاد المختارة لارتفاع الأدوار . يتم صب هذه الأعمدة في فرم خاصة داخل الورشة . يجب وضع ٢ جنش حديد في أماكن محددة بالعمود قبل الصب بغرض تحميل أو تركيب العمود .

٢ - تصب الأعمدة من خرسانة ممتازة يكون محتوى الأسمنت بها = ٤٠٠ كجم / م^٣ ، ولا يرفع العمود من الشدة قبل أن تعطي نتائج اختبار مكعبات الخرسانة ٣٠٠ كجم / سم^٢ أو سبعة أيام علي الأقل .

٣ - يتم وضع وتثبيت أعمده بطول يناسب ٥ طوابق ، ويمكن عمل وصلات للأعمدة بعد ذلك لطابقين آخرين .

ثانيا : نقل وتثبيت الأعمدة :

تنتقل الأعمدة من الورشة علي جرارات مخصصه لذلك . تثبت الأعمدة في أماكنها المحددة داخل الجاويط ثم يضبط اتجاه العمود بواسطة شد خيط علي المحاور . كذلك تضبط رأسية العمود بواسطة ٢ ثيودوليت (من الاتجاهين) . تثبت الأعمدة مكانها بواسطة شدة مؤقتة معدنية تسمى (برديس) وهي عبارة عن قوائم مائلة تليسكوبية يمكن التحكم في طولها. تصب الخرسانة العادية داخل الجاويط ولا يتم إزالة البرديس قبل تمام شك الخرسانة العادية .

ثالثا : صب البلاطات :

- ١ - يتم عمل قصة الردم و دمكها جيدا مع تسويتها ثم تصب خرسانة أرضيه الدور الأرضي ، ويراعي أن تكون أفقية تماما مع خدمة السطح جيدا .
- ٢ - يتم عمل دابر (شدرات) حول العمارة بارتفاع = ارتفاع البلاطات (الأسقف) المراد رفعها .
- ٣ - يتم صب بلاطة الدور الأول بالسبك المطلوب مع تثبيت الكولار مع حديد البلاطة بواسطة ميزان مياه.
- ٤ - بعد اكتمال صلادة الخرسانة ، ترش مادة عازلة عليها مع فرش مشمع بكامل مسطحها . يتم صب البلاطة التي تليها وهكذا حتى يتم الانتهاء من جميع البلاطات .

ملاحظات :

- ١ - يتم نهو جميع التركيبات الكهربائية داخل البلاطة قبل الصب .
- ٢ - يراعى وضع سدابة علي الدابر الخارجي لضبط سمك البلاطة .

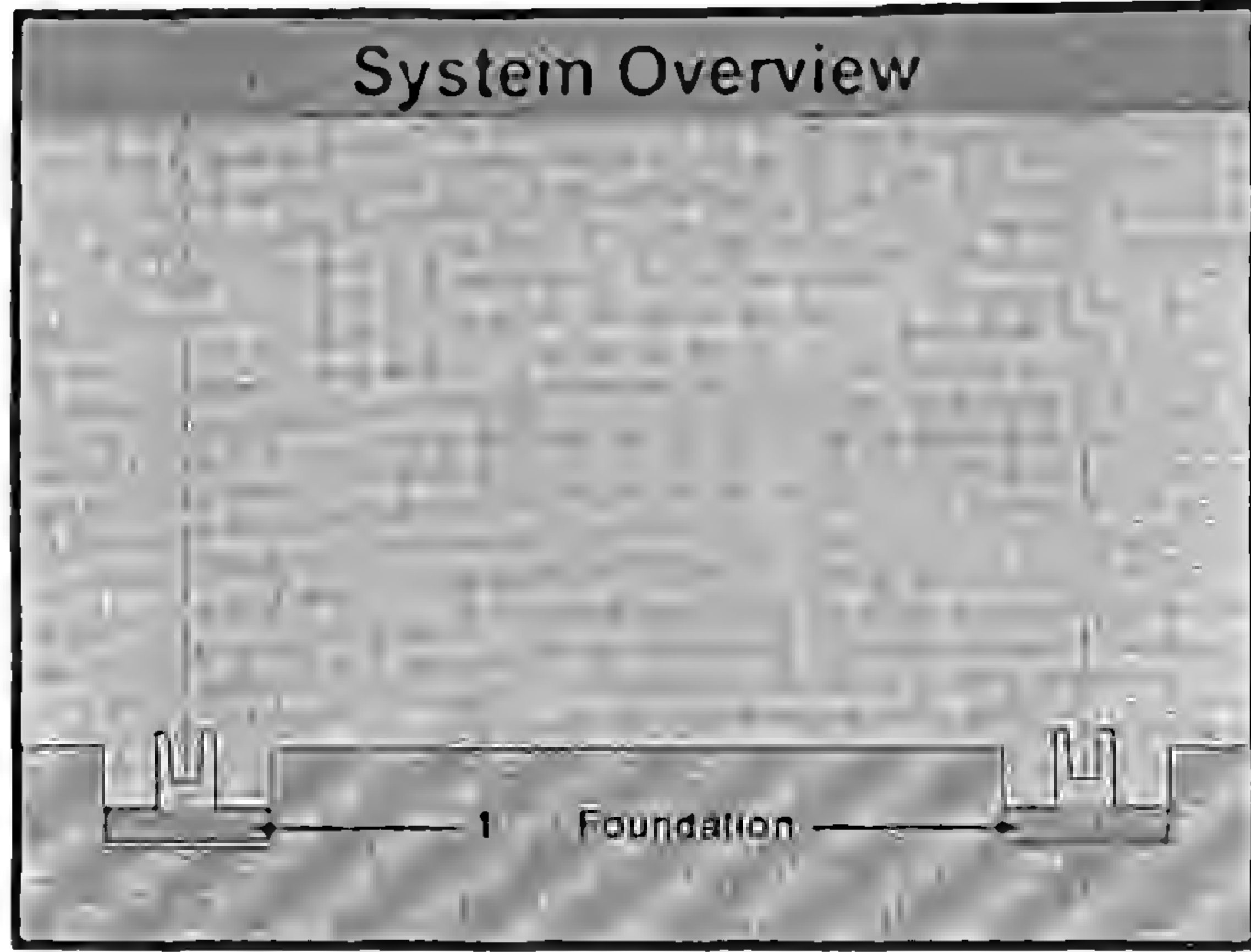
رابعا : رفع البلاطات :

- ١ - ترفع البلاطات بواسطة روافع هيدروليكية مثبتة علي نهاية كل عامود ، يتدلي منه ٢ قضيب حديدي عالي المقاومة ، مستدير مقلوظ متصل بفتحة الكولار . تعمل الروافع بانتظام بحيث تكون البلاطة في مستوي أفقي تماما . يراعى ألا يتم رفع البلاطات إلا بعد أن تصل قوه الخرسانة إلى كامل قوتها .
- ٢ - بعد وصول البلاطة السفلي إلى منسوب الدور الأول ، يثبت الكونكتور داخل الفتحة الخاصة به فوق الأنزرت ليتصل بالكولار . تترك هذه البلاطة ونبدأ رفع البلاطات الباقية ٠٠ إلى مناسب الأسقف التالية وهكذا .
- ٣ - تملأ فتحات الكولار وجوانبه بواسطة خرسانة عادية ، بينما تملأ الأجزاء الدقيقة بأسمنت عالي المقاومة بطريقة الحقن .

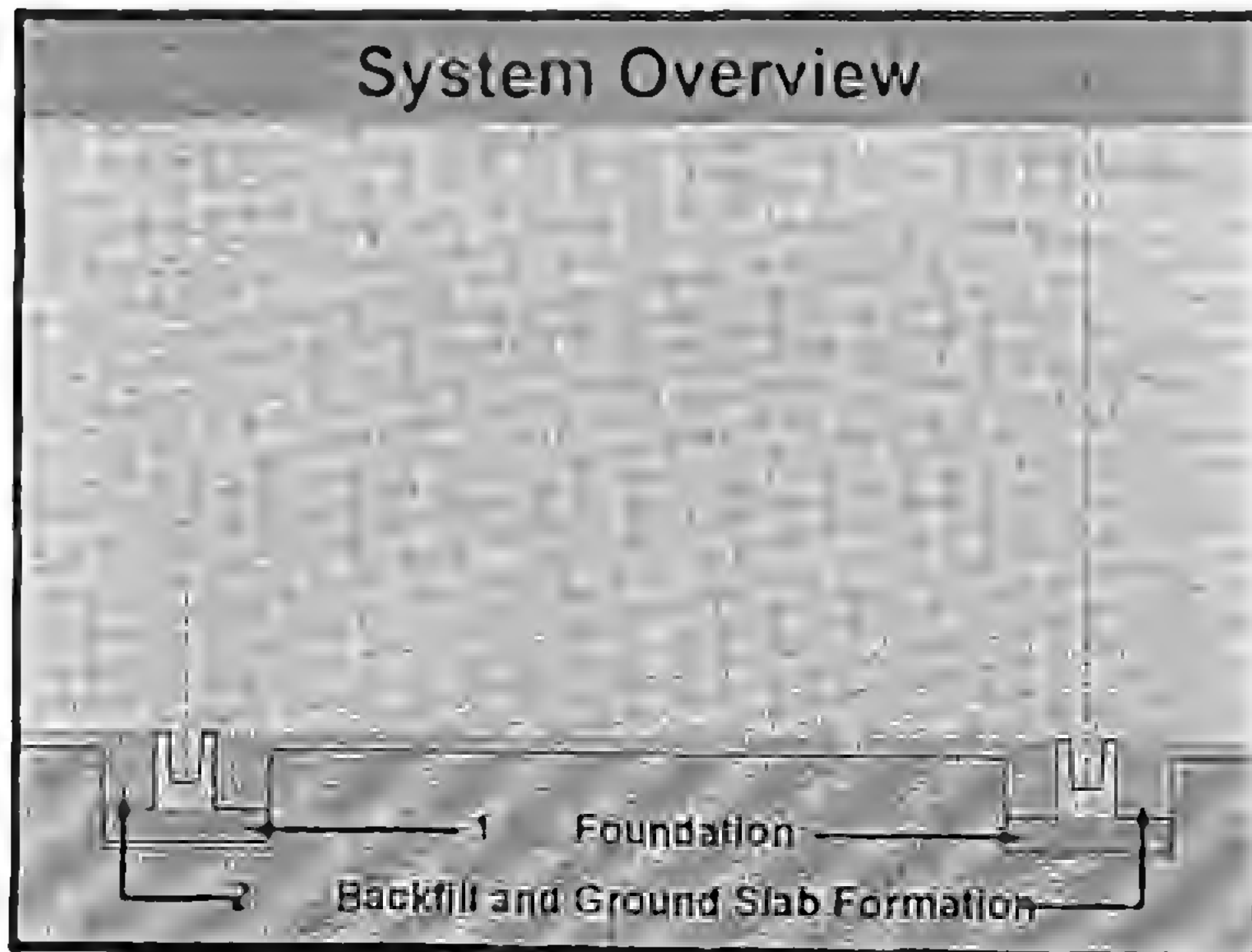
- ٤ - يعزل الكولار بعد رفع البلاطات بخلطه مكونه من البيتومين والماء لضمان عدم وجود فتحات يتسرب منها الماء إلى الأجزاء المعدنية. يتابع التنفيذ - شكل (٩) .

خطوات العمل :

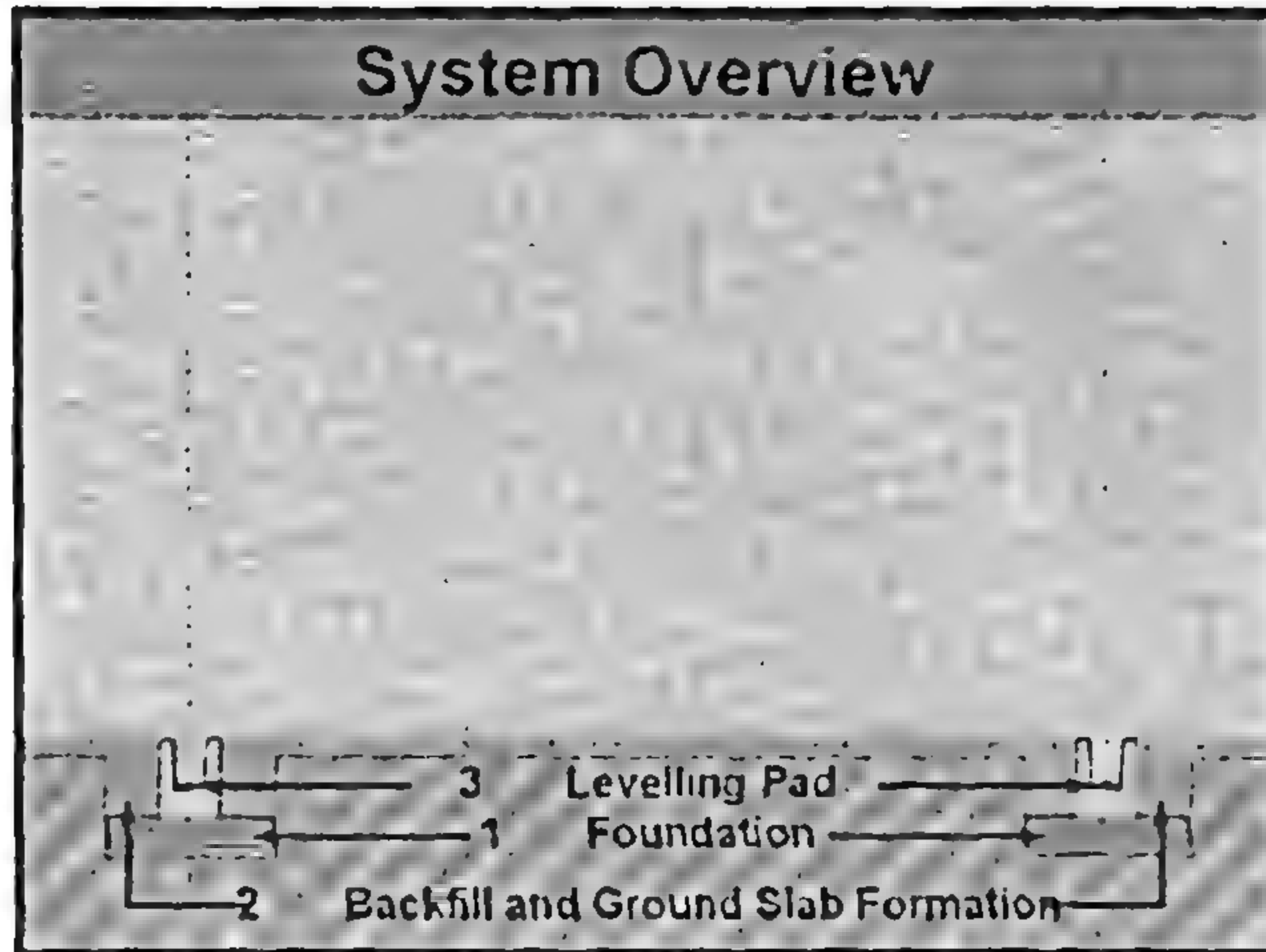
شكل (٩) .



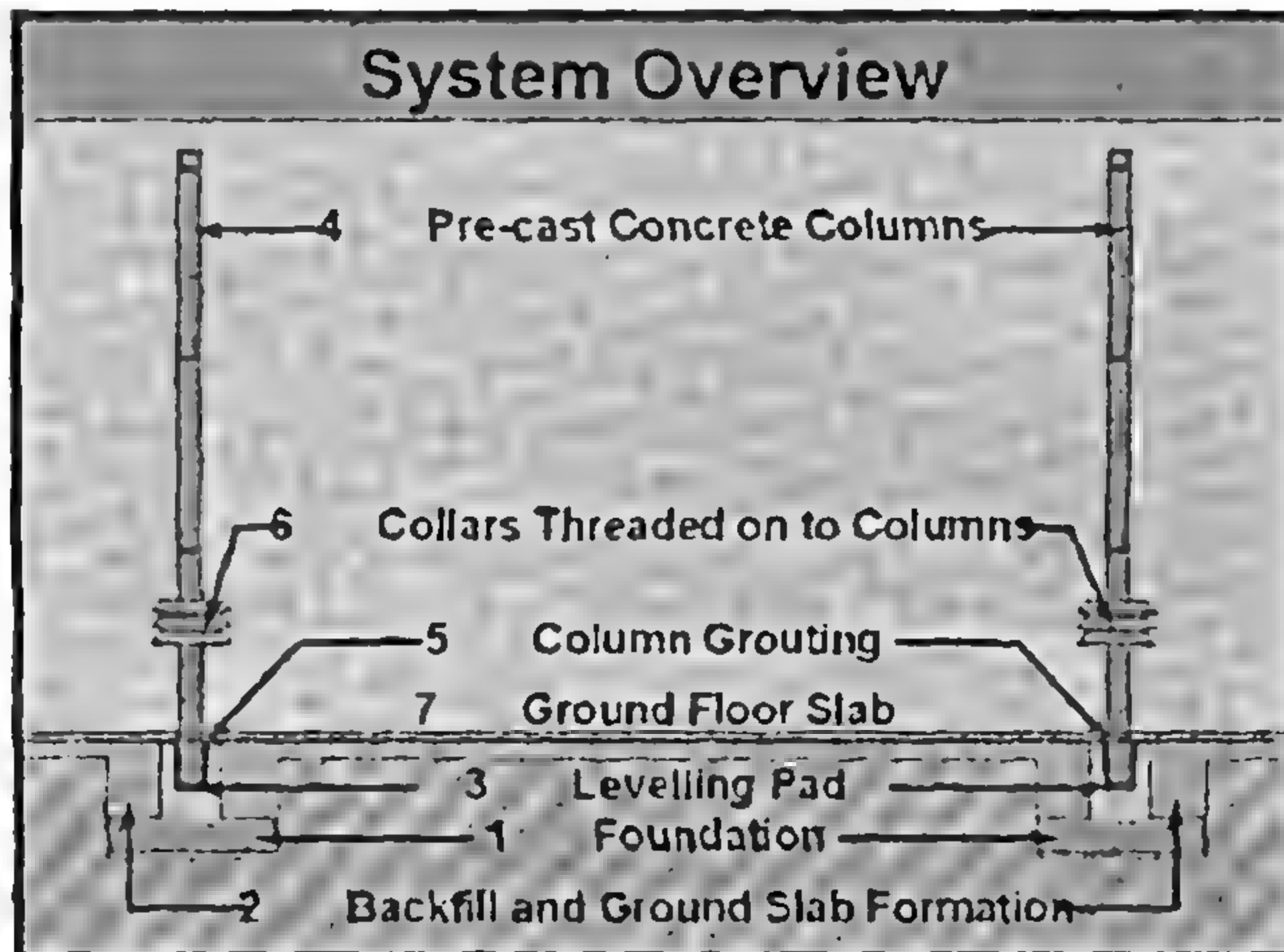
عمل الأساسات



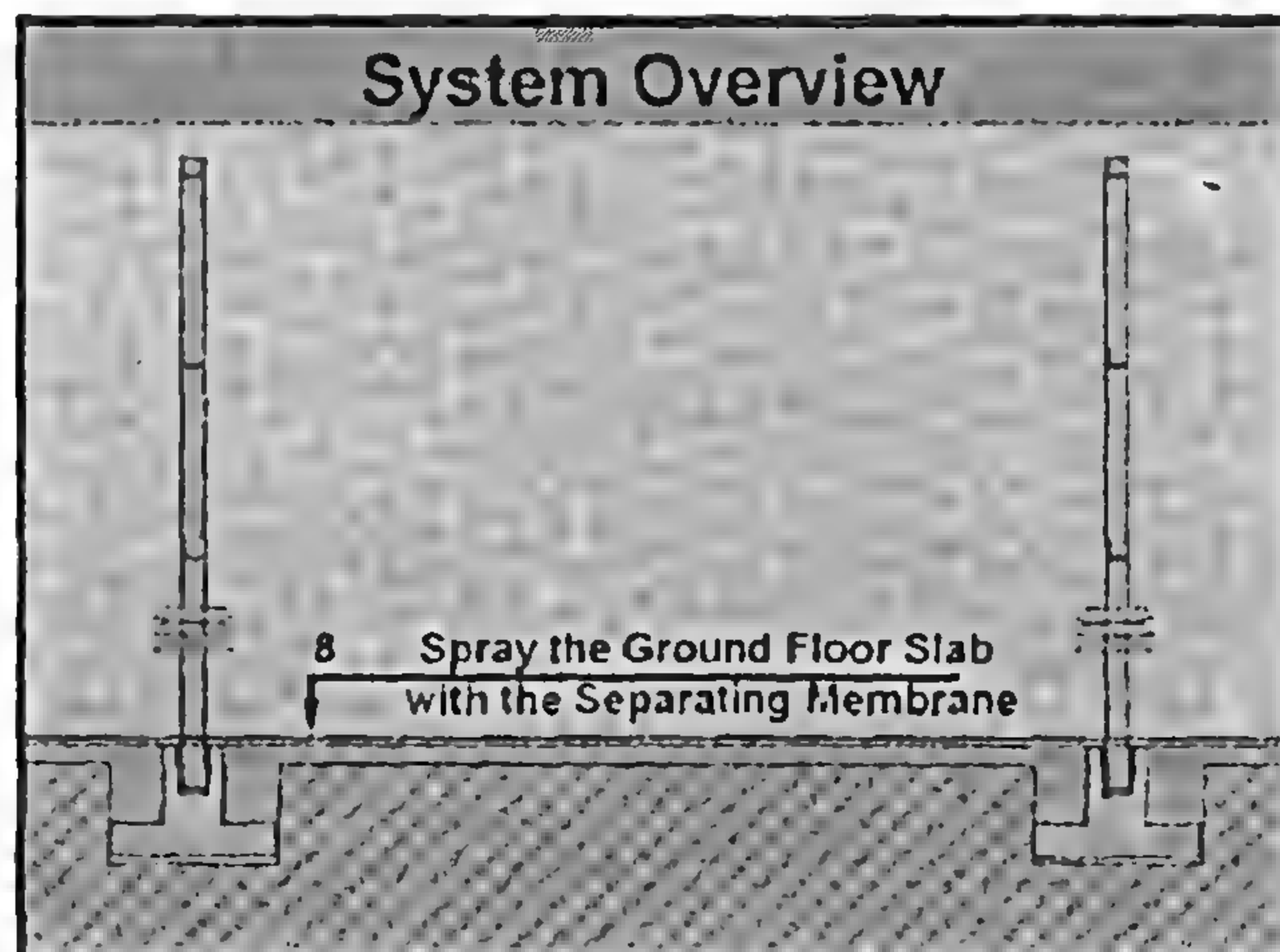
صب الخرسانة العادية للأساسات - الردم - صب الفرشة الخرسانة العادية أسفل بلاطات الأسقف

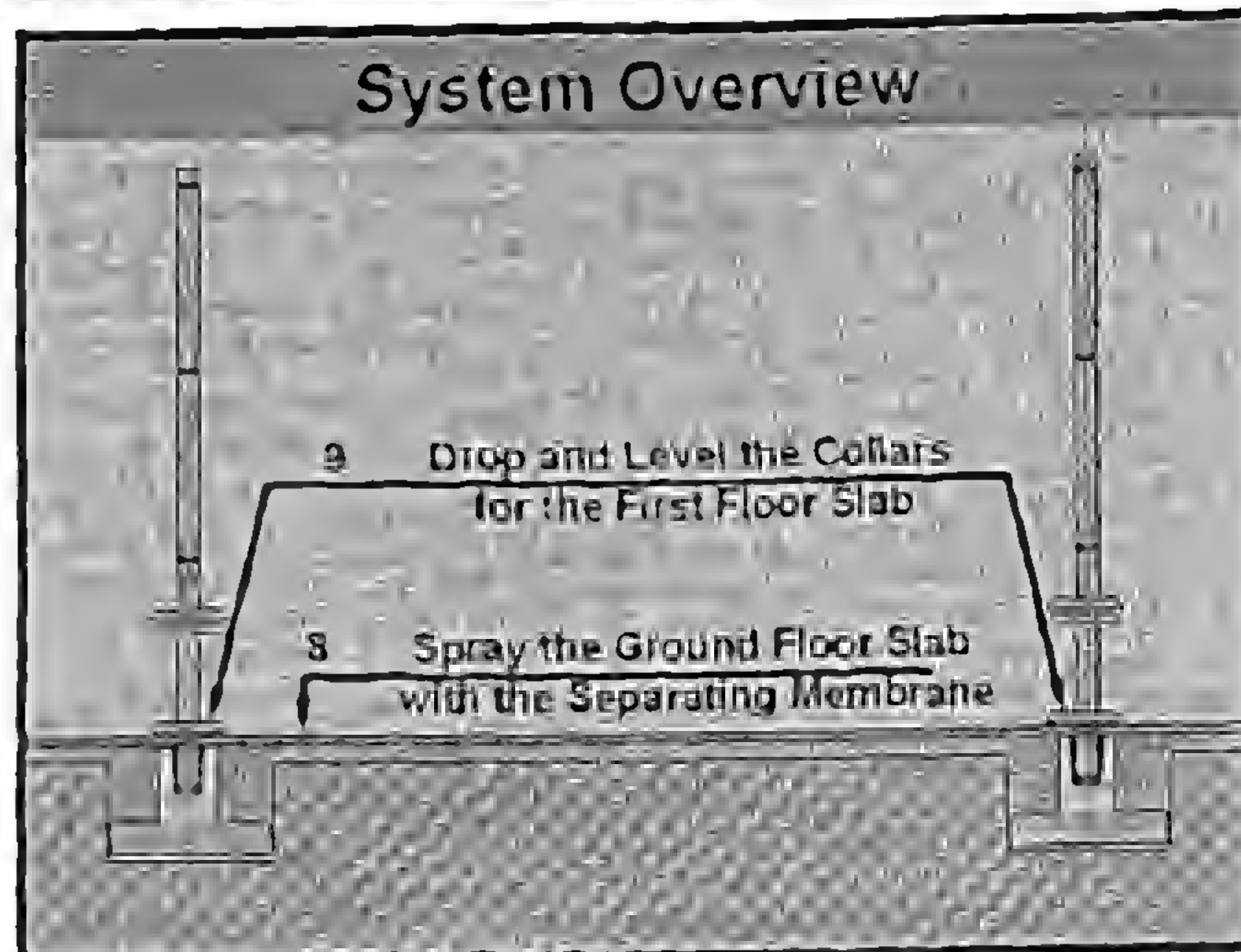


- ١ - أساسات المبني ٢ - الردم حول الأساسات مع عمل فرشاة خرسانة عادية أفقية للأرضية
٣ - عمل أساسات الأعمدة

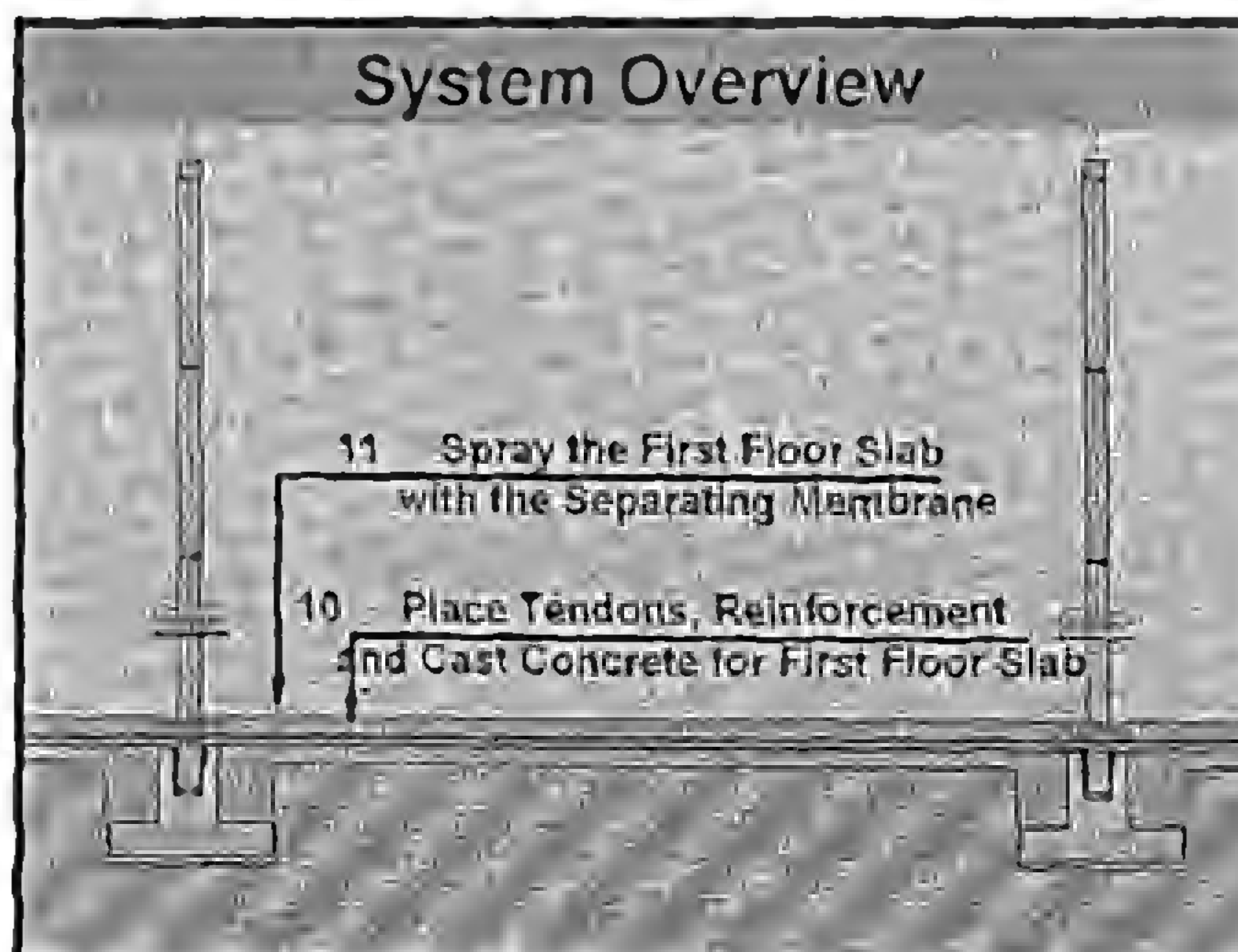
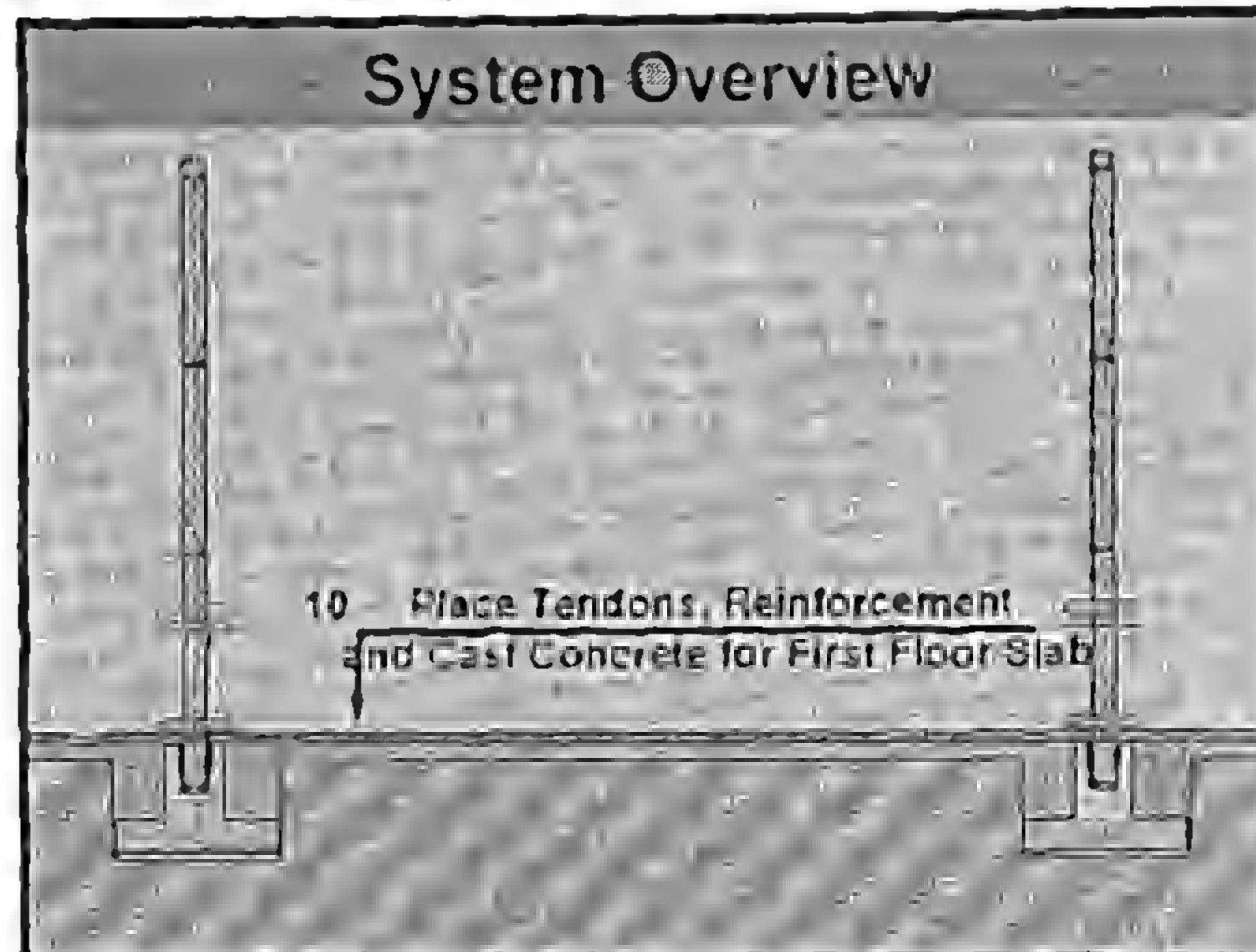


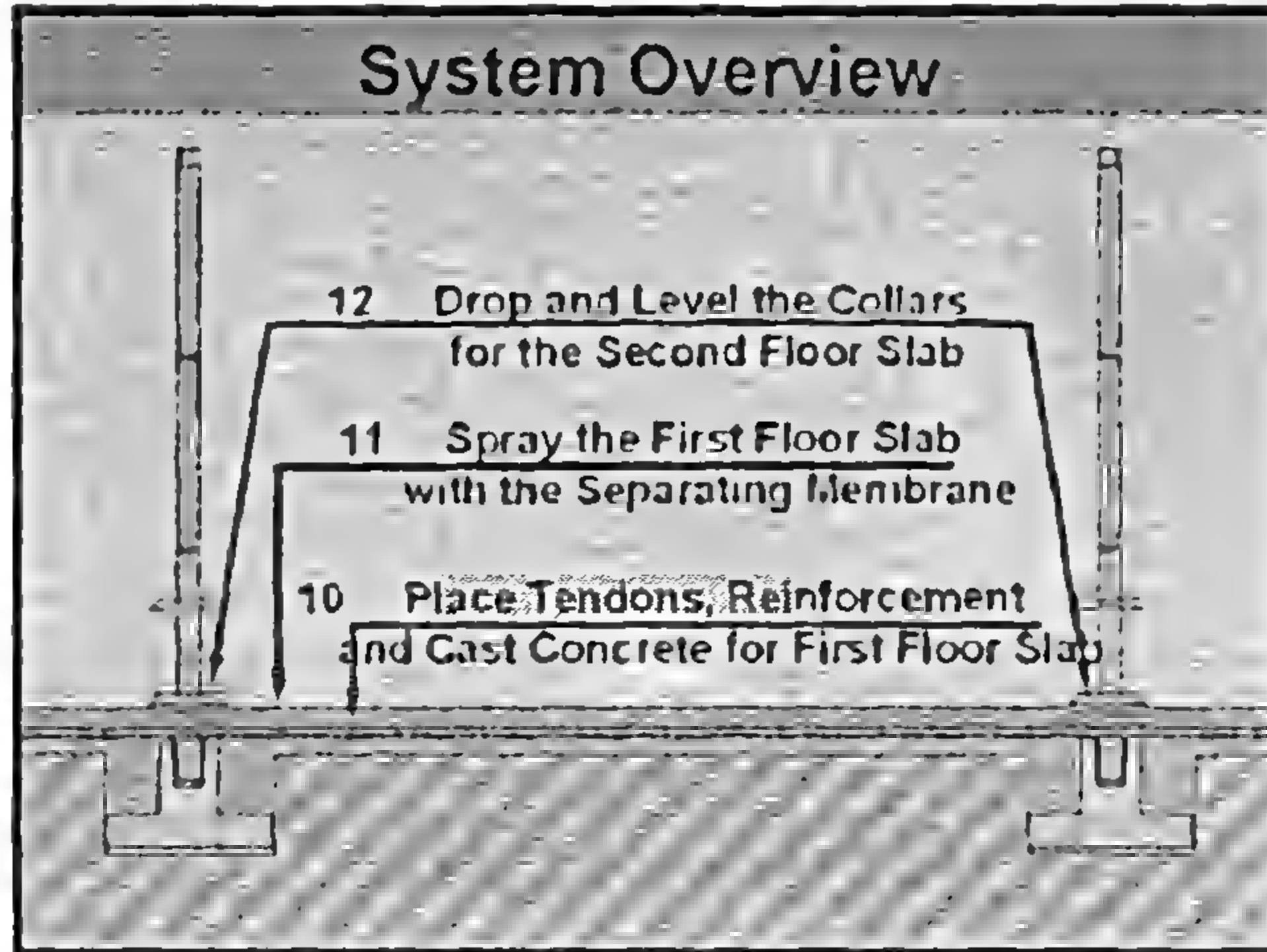
- ٤ - تركيب وتثبيت الأعمدة ٥ - الحقن والتثبيت حول الأعمدة
٦ - تركيب الكولار بالعمود ٧ - صب بلاطة الأرضية



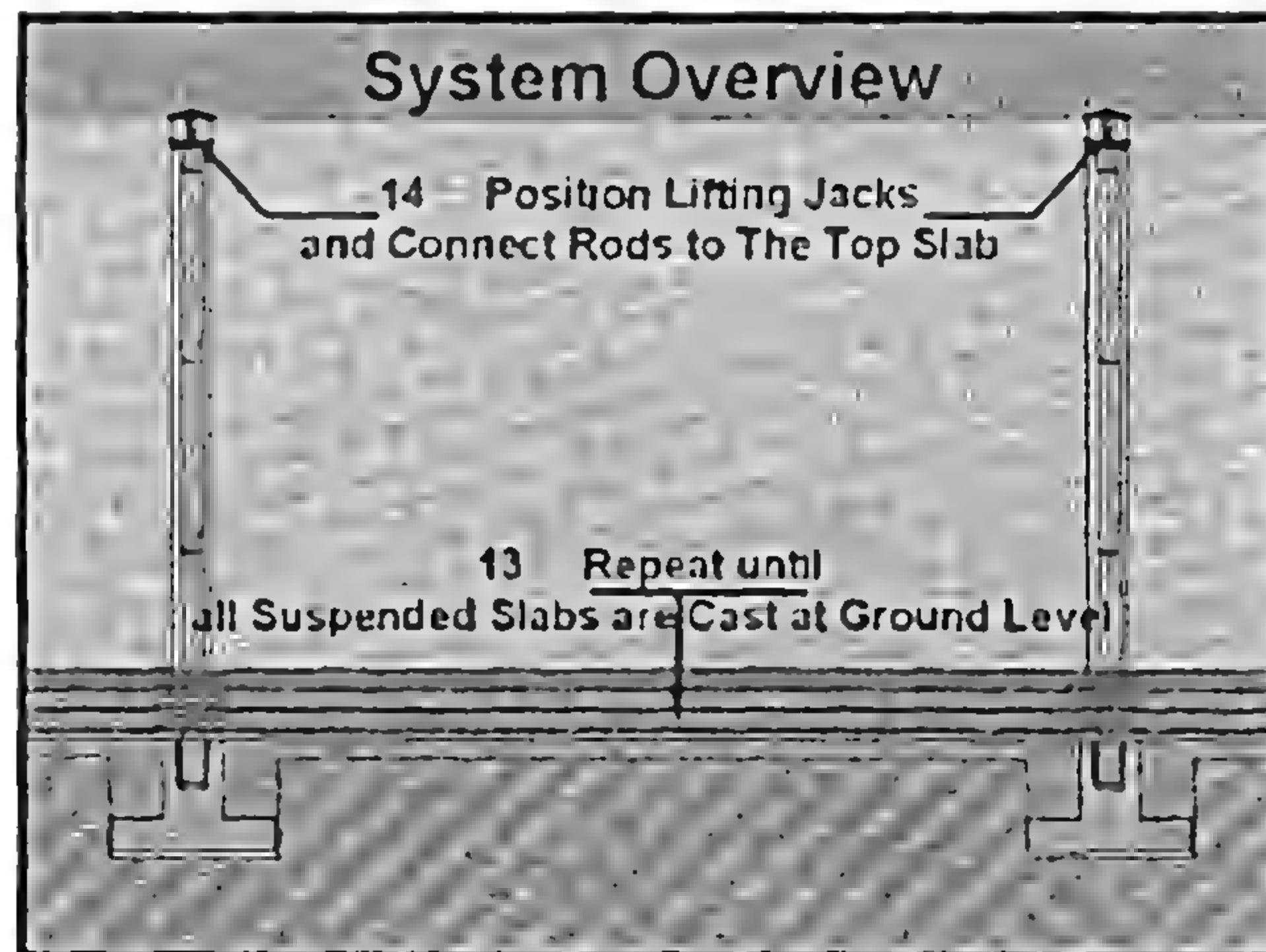
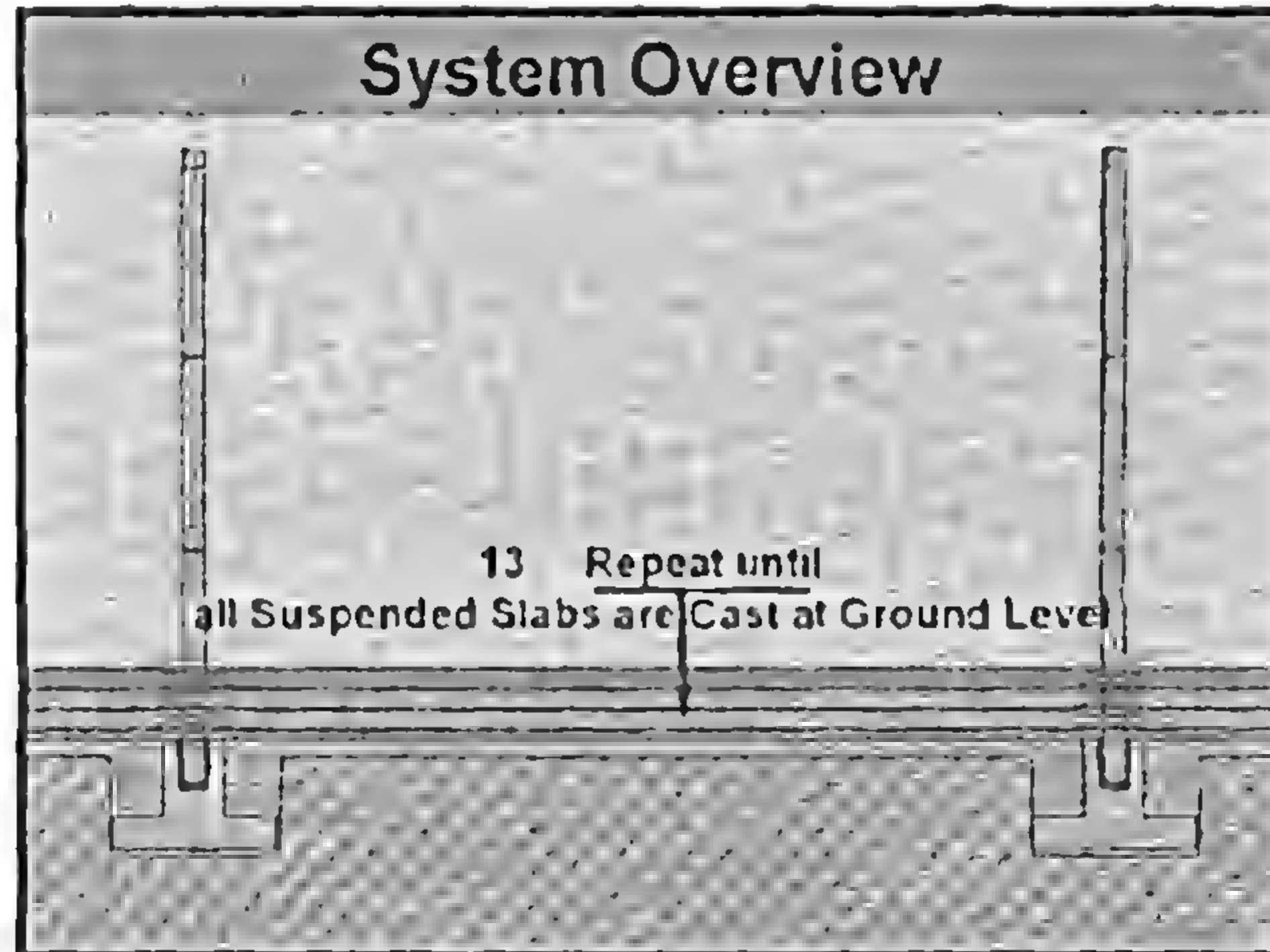


٨ - رش سبراي لمنع التصاق الخرسانة ٩ - تركيب أول كولار مكانه لبلاطة الدور الأول

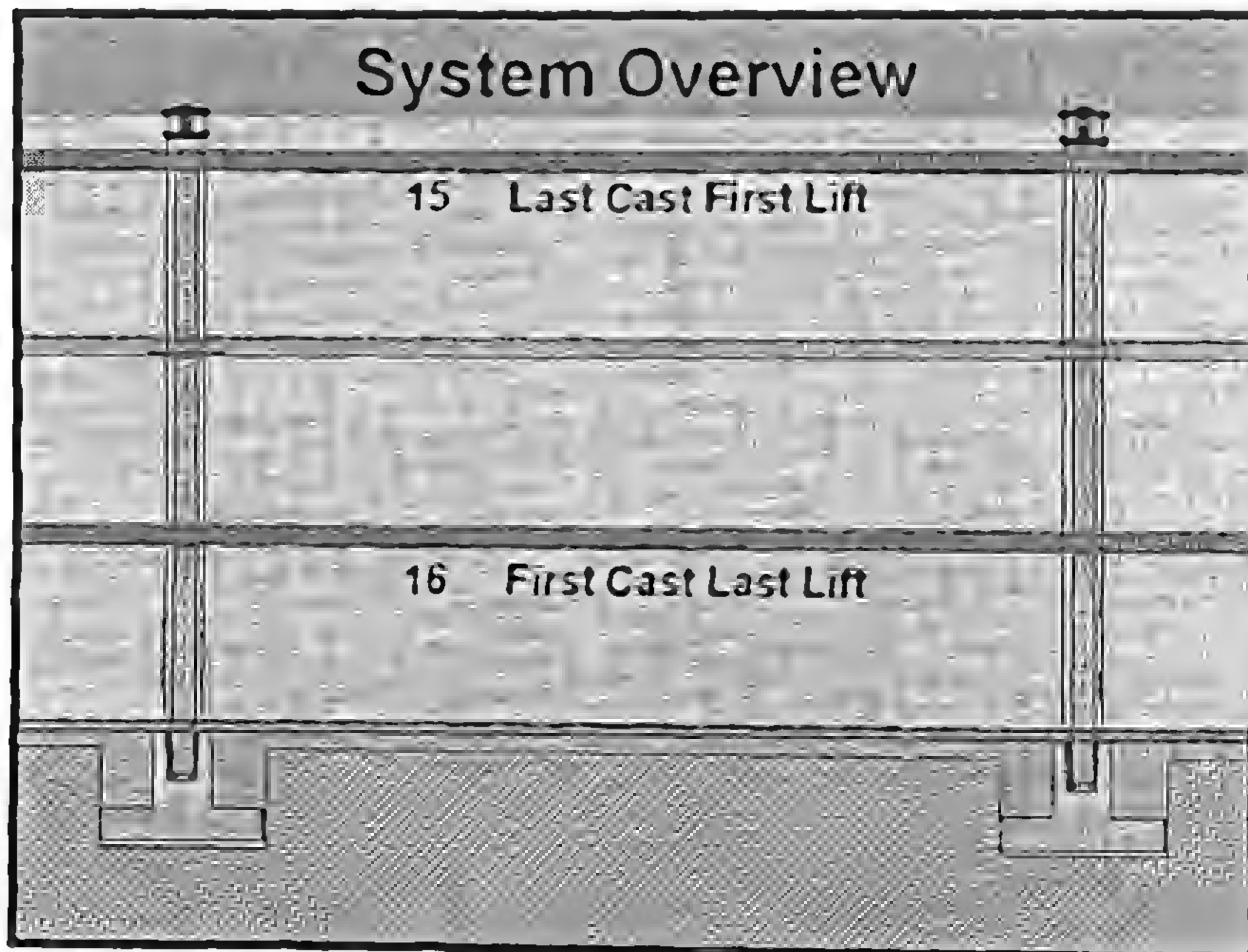
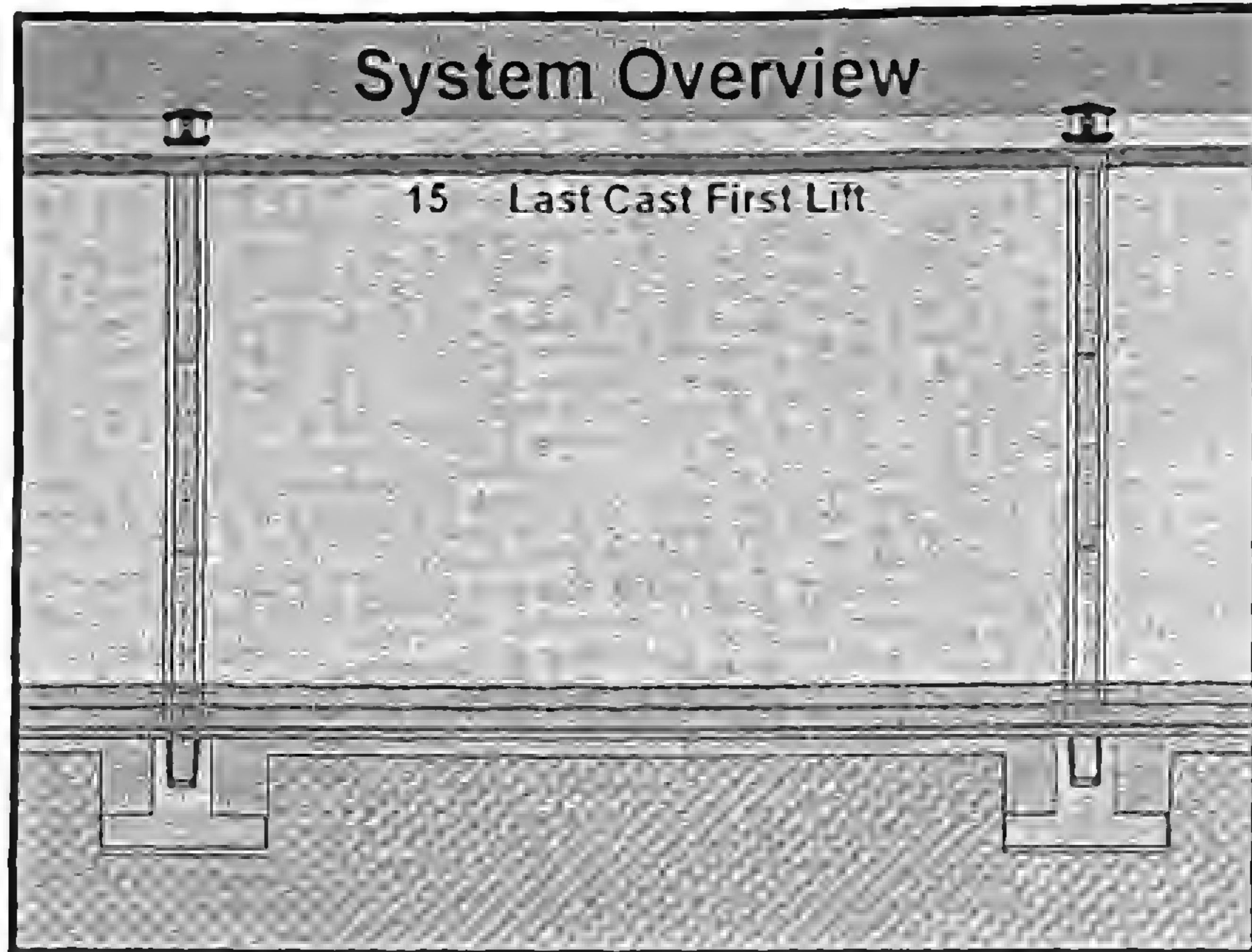




١٠ - وضع التسليح للبلاطة ثم الصب ١١ - رش سبراي أعلي البلاطة لأولي
١٢ - ضبط وتركيب الكولار للبلاطة التالية



١٣ - صب باقي البلاطات بنفس الطريقة ١٤ - تركيب الروافع الهيدروليكية والقضبان للبلاطة العليا



١٥ - آخر البلاطات المصبوبة أول البلاطات المرفوعة ١٦ - أول البلاطات المصبوبة آخر المرفوعة
شكل (٩) خطوات رفع البلاطات

معدلات الأداء باستخدام أسلوب البناء بطريقة الأسقف المرفوعة :

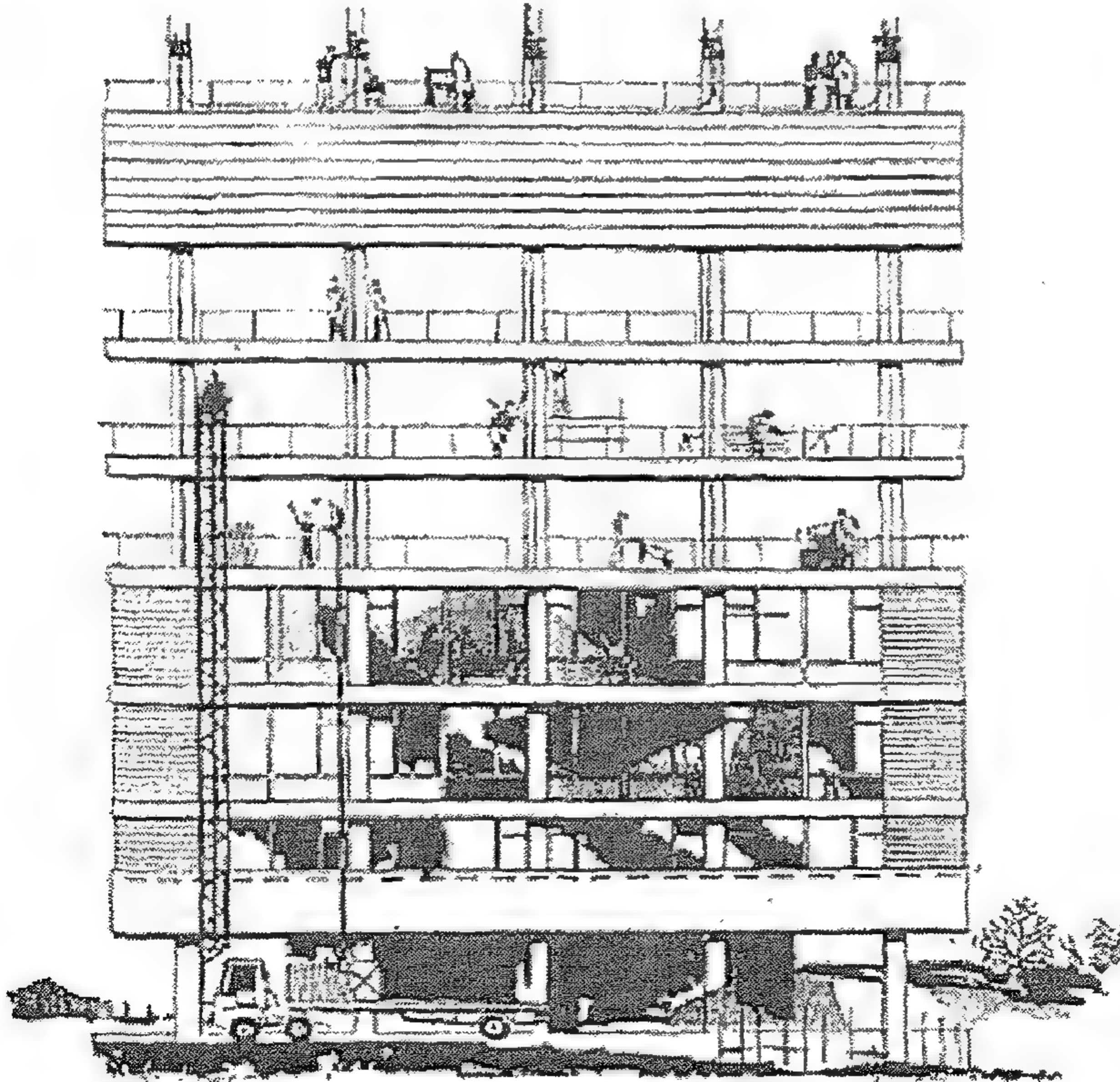
منشآت الإسكان :

المباني أقل من ٦ طوابق : شكل (١٠) .

١ - تنفيذ الأساسات بالطريقة التقليدية ، مع عمل التجاويف اللازمة لزرع الأعمدة : ٦ - ٨ أعمده / الوردية

٢ - صب البلاطات عند منسوب سطح الأرض : ينفذ سقف كل ٤ أيام . يفضل أن يتداخل العمل في أكثر من عمارة في وقت واحد .

٣ - رفع الأسقف بمعدل ١ - ١,٥ متر / ساعة . ومن واقع التجربة العملية ، فيتم رفع مبني مكون من ٥ طوابق - مسطح الطابق ٥٠٠ م ٢ - في مدة ١٠ أيام،شاملة التثبيت النهائي للبلاطات في الأعمدة وكذلك تركيب وفك المعدات



The Lift Slab Storey

شكل (١٠) تتابع خطوات تنفيذ الأسقف المرفوعة

المباني التي تحتوي علي ٦ طوابق فأكثر :

١ - يلزم إنشاء القلب الخرساني للمبنى ، (يجمع بداخله المناور و أماكن المصاعد والسلالم) . يتم إنشاء هذا القلب باستخدام الشدات المنزلقة .

٢ - يتم تركيب الوصلة الأولى للأعمدة بارتفاع ١٨ متر وبمعدل تركيب ٦ - ٨ وصلات يوميا .

٣ - يتم صب البلاطات عند منسوب سطح الأرض ، بنفس المعدل السابق .

٤ - يتم الرفع بنفس المعدل السابق (في حالة رفع سقف واحد يكون المعدل ١,٥ متر / ساعة ، بينما يكون المعدل في حالة رفع ٣ أسقف في رفعه واحدة ١ متر / ساعة) .

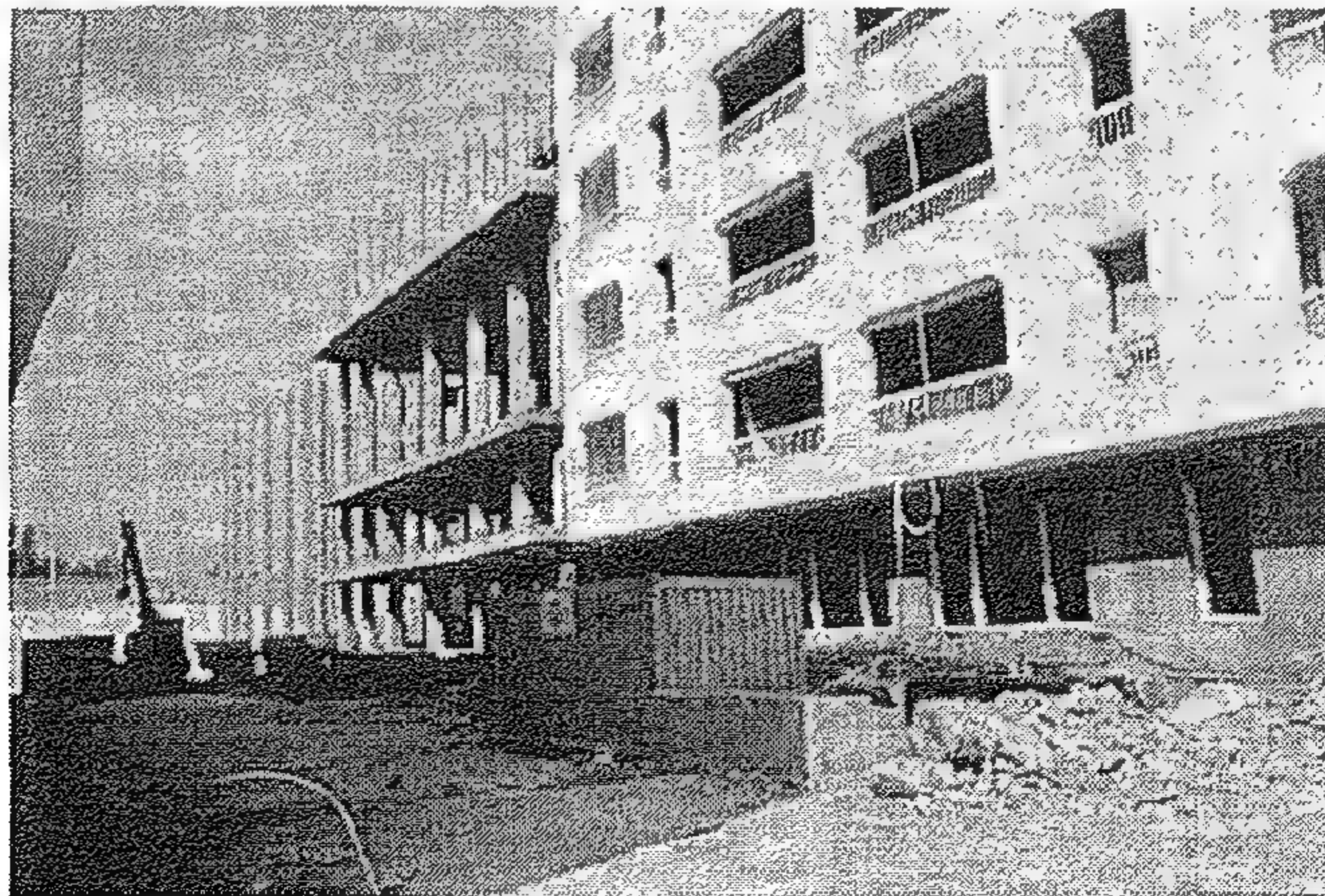
٥ - يتم تركيب وصلات الأعمدة بمعدل ٦ - ٨ وصلات يوميا .

٦ - يعاد رفع البلاطات بنفس المعدل السابق .

وعلي سبيل المثال :

تحتاج عمارة مكونه من ١٠ طوابق - مسطحها ٨٠٠ م^٢ ، إلى حوالي ٤٠ يوم عمل (٨ ساعات يوميا) ، شاملة التثبيت النهائي للبلاطات في الأعمدة وتركيب وفك المعدات .

مشروعات منفذة بطريقة الأسقف المرفوعة في جمهورية مصر العربية :

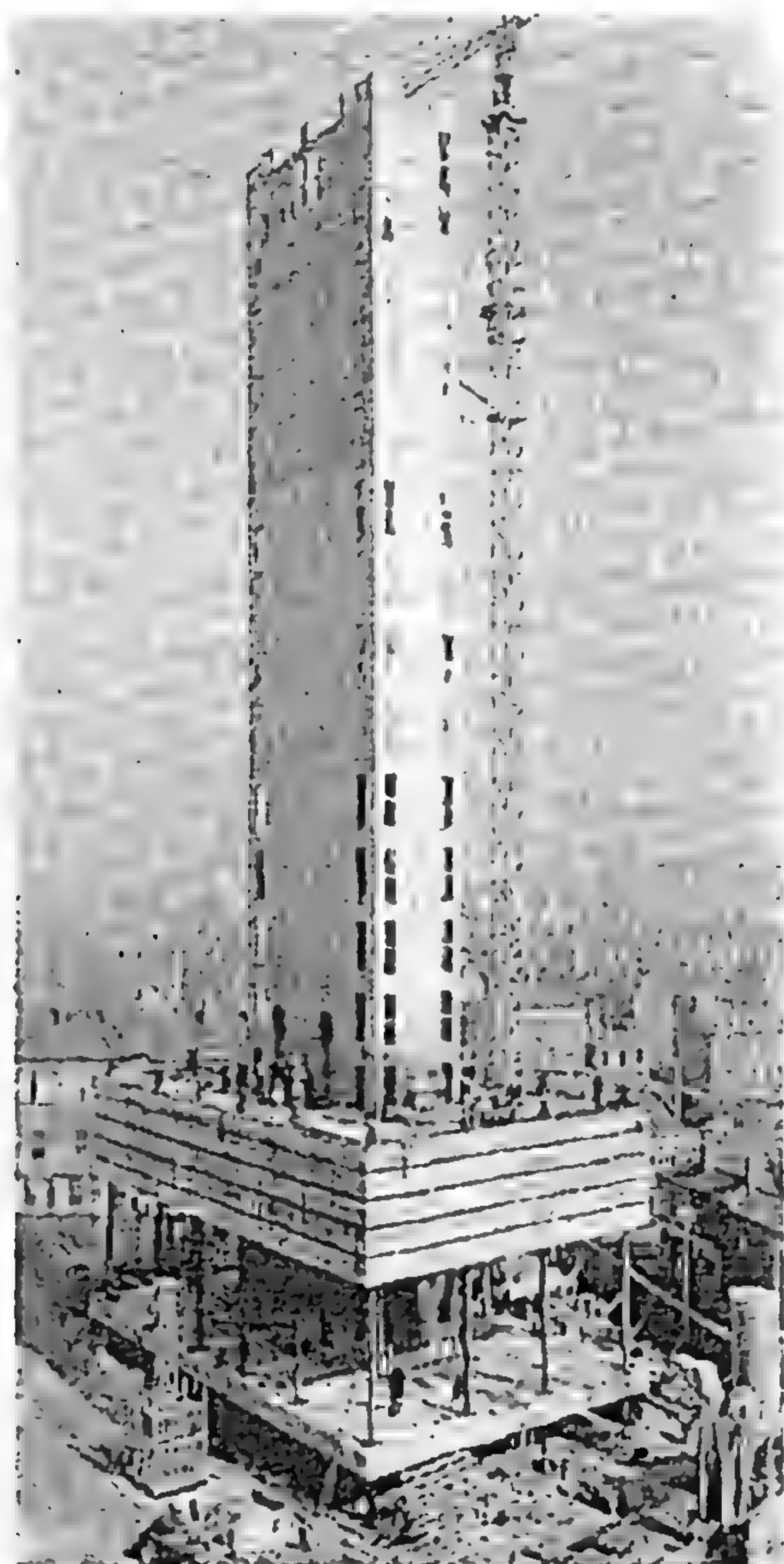


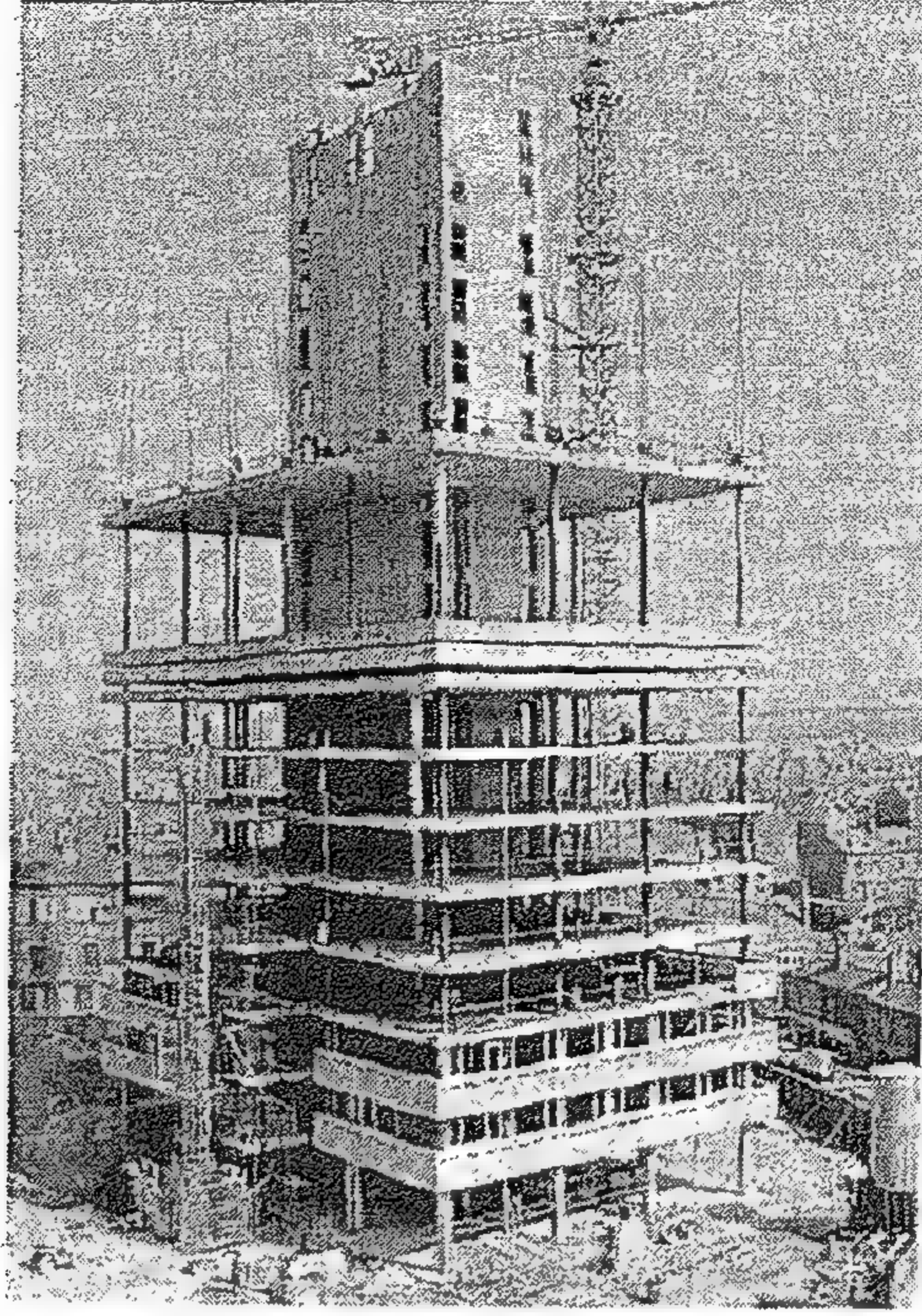
POLICE HOUSING EL MAADI

مساكن هيئة الشرطة - المعادي



مشروع مصر الجديدة بعد الانتهاء منه - منفذ بطريقة الأسقف المرفوعة





نماذج للمباني المرتفعة ، مشروع منفذ بواسطة الأسقف المرفوعة مع نظام الشدات المسلحة المنزلقة -
١٧ طابق جمهورية مصر العربية

إنشاء الجراجات المتعددة الطوابق بنظام البلاطات المرفوعة :

تناسب طريقة رفع الأسقف Lift Slab كل أنواع الجراجات المتعددة الطوابق ، سواء كانت من نوع الجراجات الطويلة أو المتوسطة أو القصيرة ، ولها المرونة الكافية في تخطيط أماكن السيارات Stalls وطرق المرور Traffic Circulation .

طرق التنفيذ :

أولا : الأساسات :

تتخذ تماما بالطريقة التقليدية .

ثانيا : الأعمدة :

يتم تجهيز ونقل أعمدة سابقة الصب بطول يساوي ارتفاع ٦ طوابق (١٦ متر) ، ثم تضاف وصلات أخرى تناسب الونش المستخدم في التركيب من حيث الوزن والارتفاع.

ثالثا : البلاطات المسطحة :

تعتبر البلاطات المسطحة هي الأفضل لأسقف الجراجات المنفذة بطريقة البلاطات المرفوعة لأنها بدون كمرات ساقطة . يمكن أن تكون هذه البلاطات من الخرسانة المسلحة أو من الخرسانة سابقة الإجهاد. يمكن صب البلاطات كاملة مع المنحدرات Ramps الخاصة بالصعود والهبوط .

رابعا : استقرار المنشأ Stability :

يعتبر المنشأ المنفذ بهذه الطريقة مستقرا بذاته حتى ارتفاع ٥ طوابق ، وأعلي من ذلك يحتاج إلى أجزاء تثبيت Stabilizing Element لمقاومة القوي الأفقية الناشئة Lateral Loadings ، هذا الجزء يكون في المعتماد للخدمات ويمكن أنشاؤه بطريقة الشدات المنزلقة أو بالشدات التقليدية . وأحيانا تستخدم الحوائط لمقاومة الأحمال الأفقية Shear Walls بجوار المنحدرات .

خامسا : أطوال المنحدرات Ramp Length :

تكون المسافة الصافية بين الأسقف ٢,١ مترا لذلك فإن طول المنحدرات يكون صغيرا . وعادة فإن نسبة الانحدار في البلاطات المرفوعة ١ : ١٠ إلى ١ : ٨

سادسا : المظهر الخارجي للجراج :

تضمن الأسقف المسطحة أشكالا جميلة ، كما قد تتركب توصيلات الإضاءة علي الأرض .

سابعا : التكسية الخارجية Cladding :

- تكون الأعمدة داخل المنشأ وغير ظاهرة .
- وحدات التكسية تكون من الخرسانة الجاهزة ، غير مؤثرة في الوزن وتأخذ أشكالا وألوانا طبقا لرؤية المهندس المعماري .

ثامنا : الأمان Safety :

- تعتبر التهوية من أهم العناصر التي يجب مراعاتها عند التصميم ويراعى ذلك في وحدات التكرسية حتى تسمح بتهوية كافية للجراج .
- الحماية من الحريق : يستخدم نظام حريق متطور .
- الحماية من حوادث السيارات باستخدام طريق خلفي للطوارئ.
- المرور في اتجاه واحد يضمن الأمان الكامل داخل الجراج.

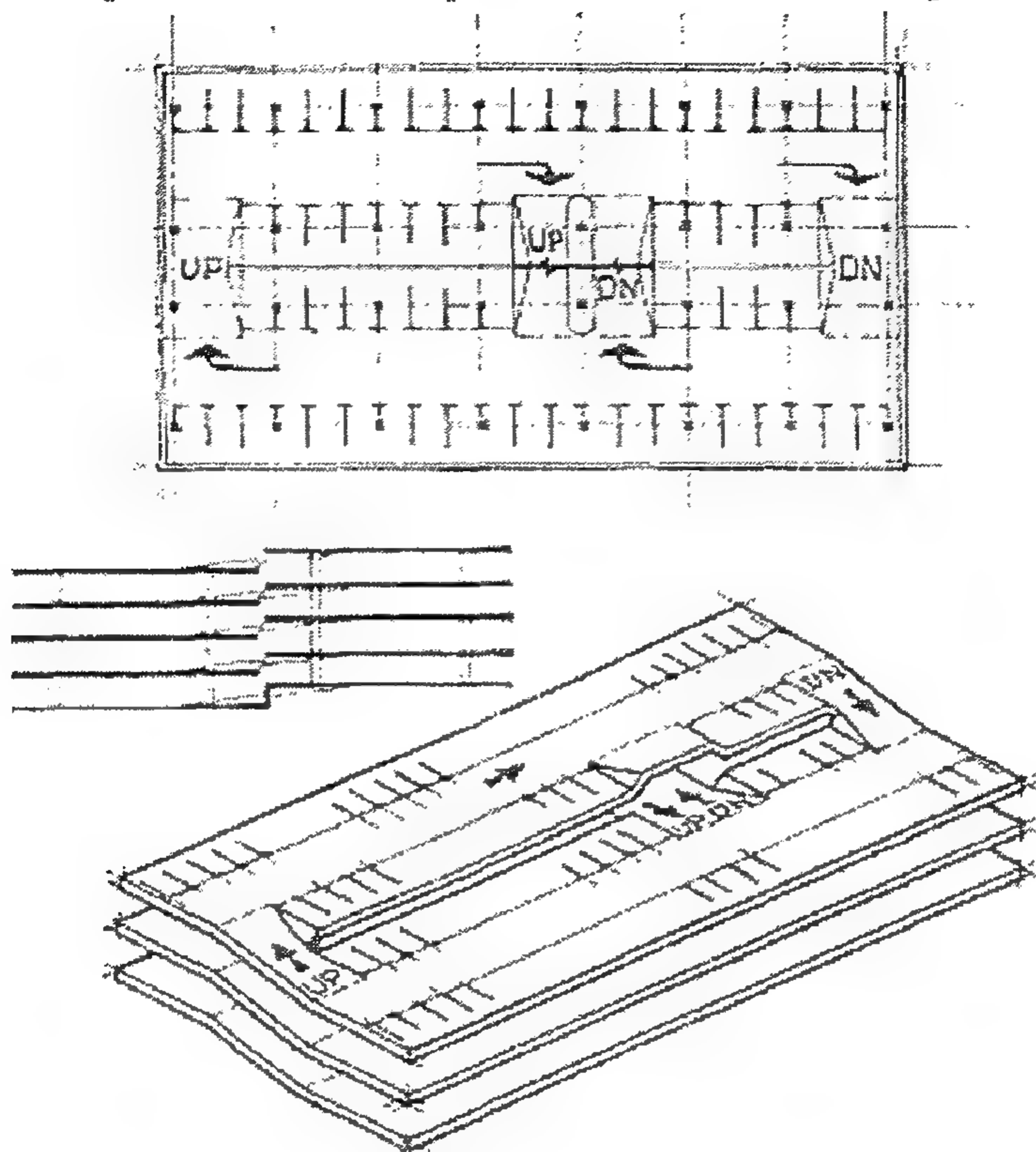
أنواع الجراجات المتعددة الطوابق :

- ١ - جراجات ذات شطرين Split Level
 - ٢ - جراجات ذات منحدرات انتظار Parking Ramps
 - ٣ - جراجات ذات أسقف ملتوية Warped Slab
 - ٤ - جراجات ذات الشطرين مع ذات المنحدرات Split Level / Parking Ramp
- سنعرض لأهم ثلاثة أنواع من الجراجات وأكثرها شيوعا :

١ - الجراجات ذات الشطرين :

- في هذا النوع من الجراجات ، يشطر الجراج في الاتجاه الطولي إلى شطرين متماثلين ، أو علي الأقل أحد الشطرين يشتمل علي ممر في الوسط + صفين من بواكي الانتظار علي الجانبين ، والشطر الآخر إما يماثل الشطر الأول أو يزداد عنه في العرض - شكل (١١) .
- يتم تنفيذ هذا الشطر بفارق منسوب يعادل نصف ارتفاع طابق من الجراج .
- يتم استخدام منحدرات صعودا وهبوطا لاستكمال دوائر الصعود والهبوط بفارق منسوب يعادل ارتفاع ربع طابق من طوابق الجراج .
- أقل عرض لكل من شطري الجراج هو ١٥,٦ متر وأقل طول هو ١٦ باكية انتظار (حوالي ٥٠ متر).
- سهل في التنفيذ ومناسب جدا لنظام الأسقف المرفوعة ، ويمكن صب منحدرات الصعود والهبوط عند منسوب سطح الأرض ورفعها ضمن البلاطات .

- الانحدار في أطراف الأسقف يظهر في جانب واحد أو في جانبيين من المبنى.



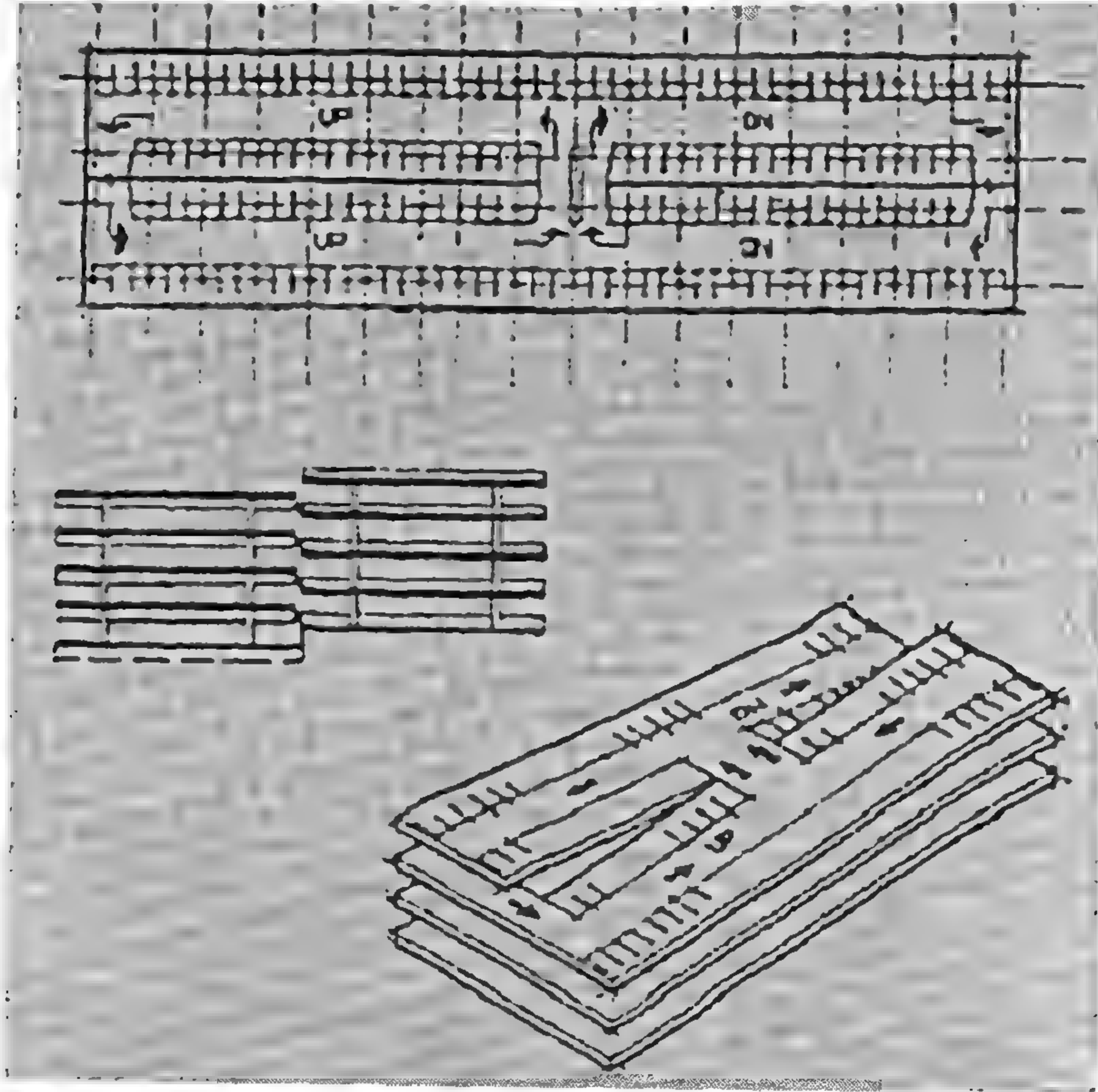
شكل (١١) إنشاء الجراجات بنظام الأسقف المرفوعة - نظام الأسقف ذي الشطرين

- يمكن استخدام الدور الأول من الجراج كمحلات تجارية .
- يتيح الخروج بسرعة من الجراج.

٢ - الجراجات ذات منحدرات الانتظار :

- في هذا النوع من الجراجات ، تتحدر الأسقف في الاتجاه الطولي بفرق منسوب يعادل ارتفاع نصف طابق . عند الطرف الذي يظهر فيه فرق المنسوب ، يتم وضع منحدرات الصعود والهبوط العرضية - شكل (١٢) .
- يناسب هذا النظام ، الجراجات الطويلة نسبياً فقط .
- دوائر الهبوط بطيئة نسبياً (خروج بطيء) ، ويمكن التغلب على ذلك بعمل منحدرات إضافية في منتصف الجراجات ذات الأطوال الكبيرة .
- الانحدار في أطراف الأسقف يظهر في جانب واحد فقط من المبنى.

- أقل طول لهذا النوع من الجراجات هو صف بواكي أنتظار لا يقل عن ٢٦ باكية (حوالي ٧٠ متر) . وفي حالة ضمان أفقية أحد جوانب المبني ، فإن أقل عدد لبواكي الأنتظار هو ٥٢ باكية (حوالي ١٣٥ متر) .



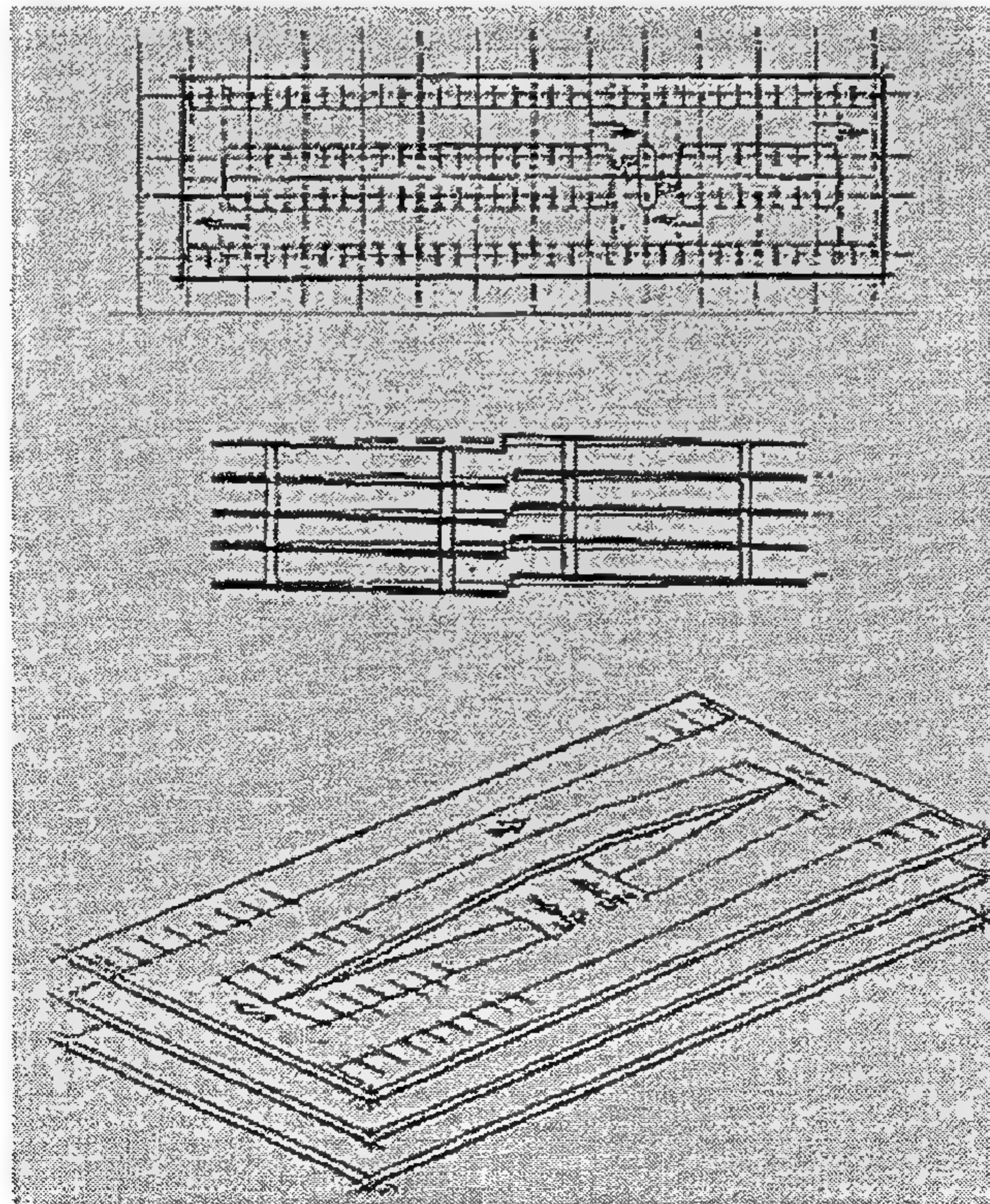
شكل (١٢) نظم الأسقف ذات منحدرات الأنتظار

٣ - الجراجات ذات الأسقف الملتوية :

- شكل البلاطة يناسب تماما طريقة الأسقف المرفوعة - شكل (١٣) .
- يحتوي علي مميزات كل من النظامين : جراج الشطرين في منسوبين مختلفين ونظام منحدرات النظام.
- يوفر هذا النظام أقل مساحة لكل سيارة مما يعطي ميزة اقتصادية في استغلال الفراغ .
- مناسب جدا للاتصال بأي مبني مجاور مثل المستشفى - الجامعة - المصنع وذلك لأن حافة البلاطات أفقية من جميع الجهات .

المميزات :

- ١ - سهولة الحركة الداخلية مما يضمن الأمان والسلامة للسيارات مع سهولة المناورة داخل الجراج .
- ٢ - المرور في اتجاه واحد يضمن المرونة في المرور أو الانتظار والصعود والهبوط.
- ٣ - يضمن الخروج السريع للسيارات.
- ٤ - كل ممرات المرور مستخدمة ، ويمكن إضافة حظائر انتظار في الأطراف وتكون متعامدة مع بواكي الانتظار مما يزيد من أستغلال الفراغ لكل سيارة .
- ٥ - الحرية الكاملة في وضع أماكن الدخول والخروج للجراج مما يتناسب مع موقع الجراج وحركة المرور حوله .
- ٦ - يلغي هذا النظام منحدرات الصعود والهبوط الموجودة في الأنظمة الأخرى.
- ٧ - هذا النظام مجدي جدا و آمن ومرن في المناورة داخل المنشأ.



شكل (١٣) الجراجات ذات الأسقف الملتوية

المتطلبات :

- ١ - أقل طول لهذا النوع من الجراجات هو ٢٢ صف من بواكي الانتظار للسيارات (حوالي ٥٨ متر) .
- ٢ - هذا النظام من الجراجات لا يسمح باستغلال الدور الأرضي في أي أغراض تجارية (محلات) .

مناذج مشروعات منفذة بالفعل - جمهورية مصر العربية :



جراج الجمهورية أثناء الأنشاء



جراج الجمهورية بعد الأنشاء

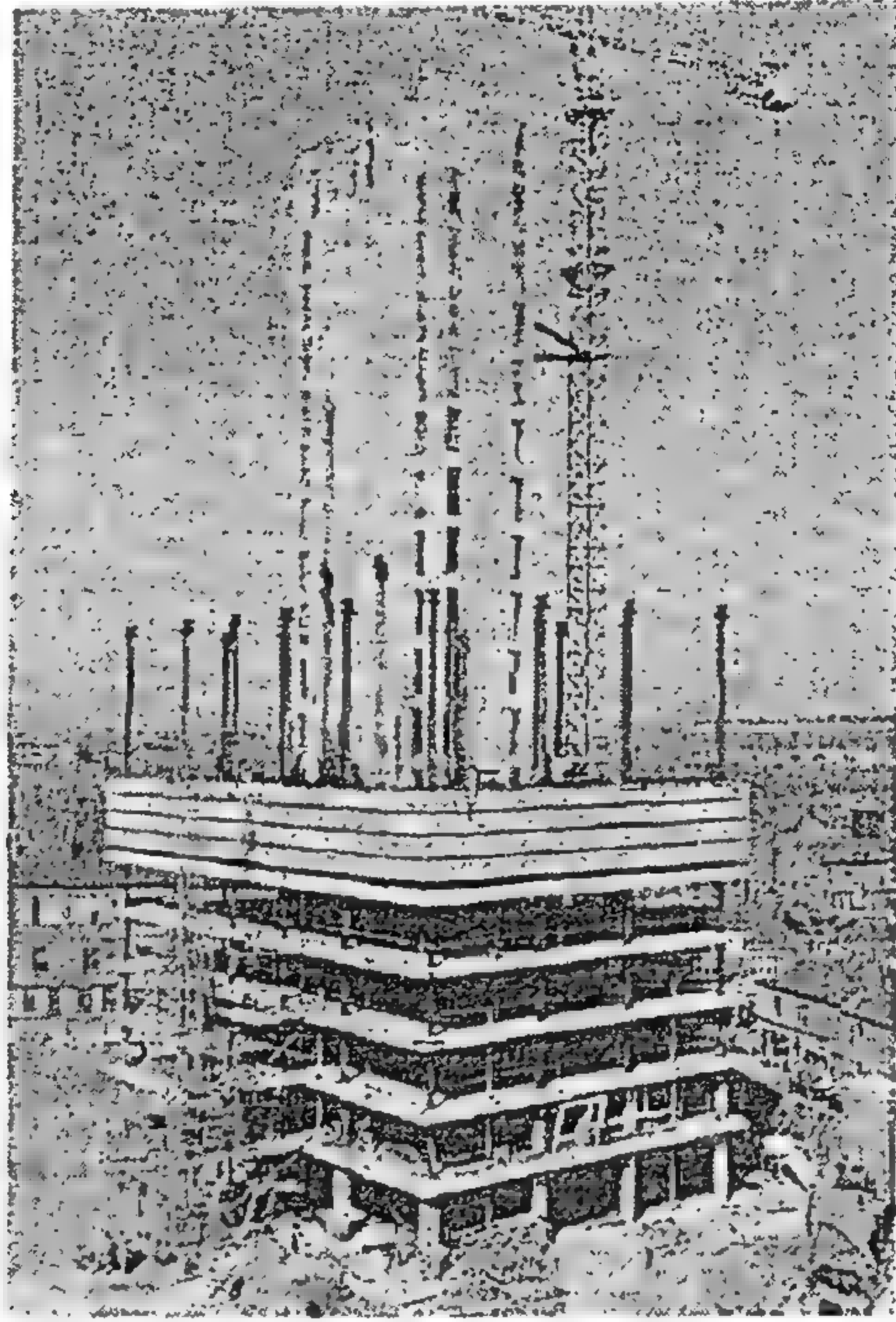
معدلات التنفيذ في حالة المباني الإدارية والجراجات المتعددة الطوابق :
نفس معدلات التنفيذ السابقة في حالة تركيب الأعمدة والوصلات وصب الأسقف ،
بينما يتراوح معدلات الرفع إلى ٠,٧٥ إلى ٠,٩ متر / ساعة .
وعلى سبيل المثال ، فإن جراج متعدد الطوابق مكون من ١٢ طابقاً - مسطح الطابق
= ٢٠٠٠ م^٢ - يحتاج إلى ٦ شهور لإنهاء العمل كاملاً .



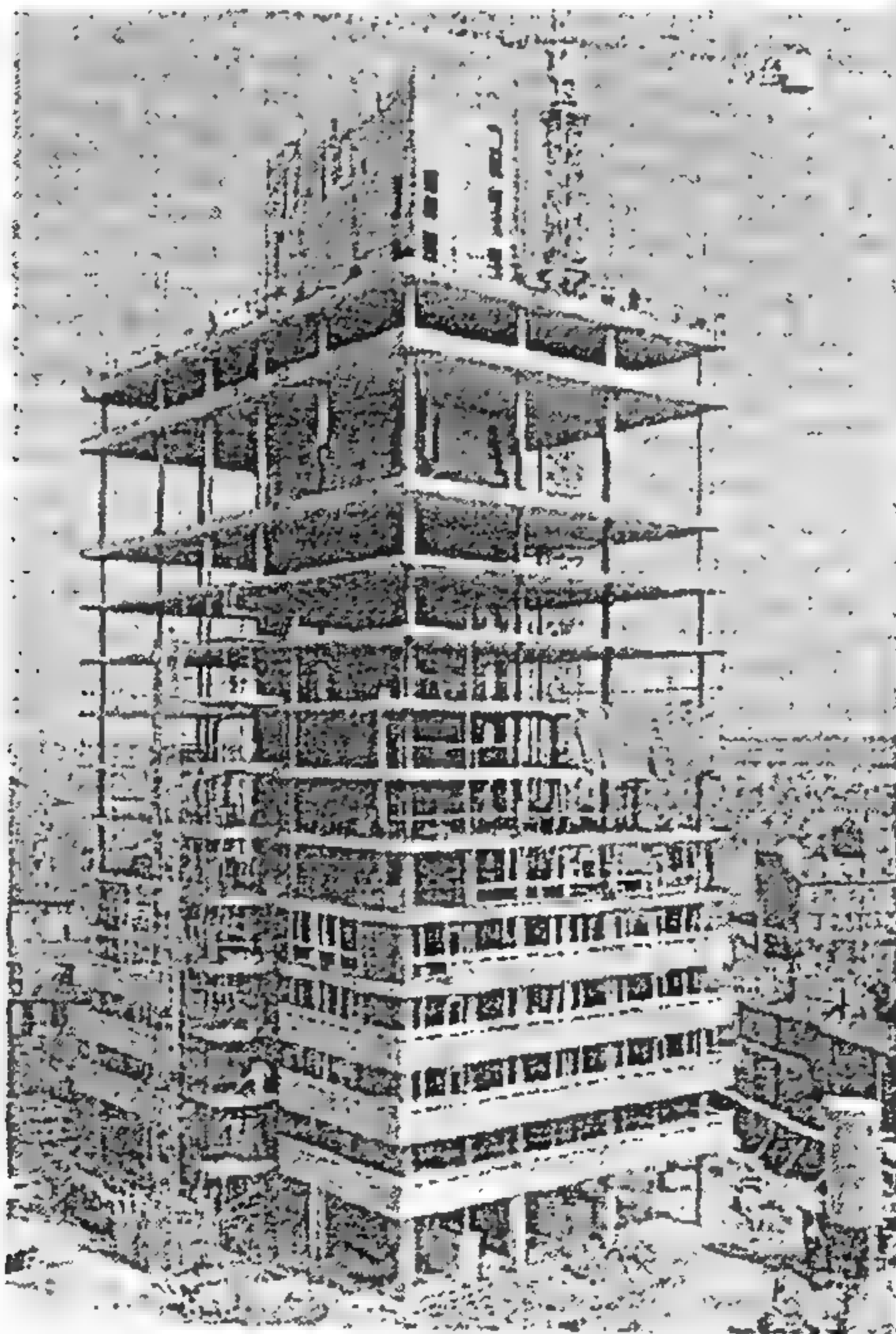
برج مراقبة - منشأ بطريقة الشدات المنزلقة للجسم الأسطواني للمنشأ ونظام الرفع الثقيل الجزء
الخرساني العلوي - ليفربول - المملكة المتحدة



عمارات المريلا ند - القاهرة

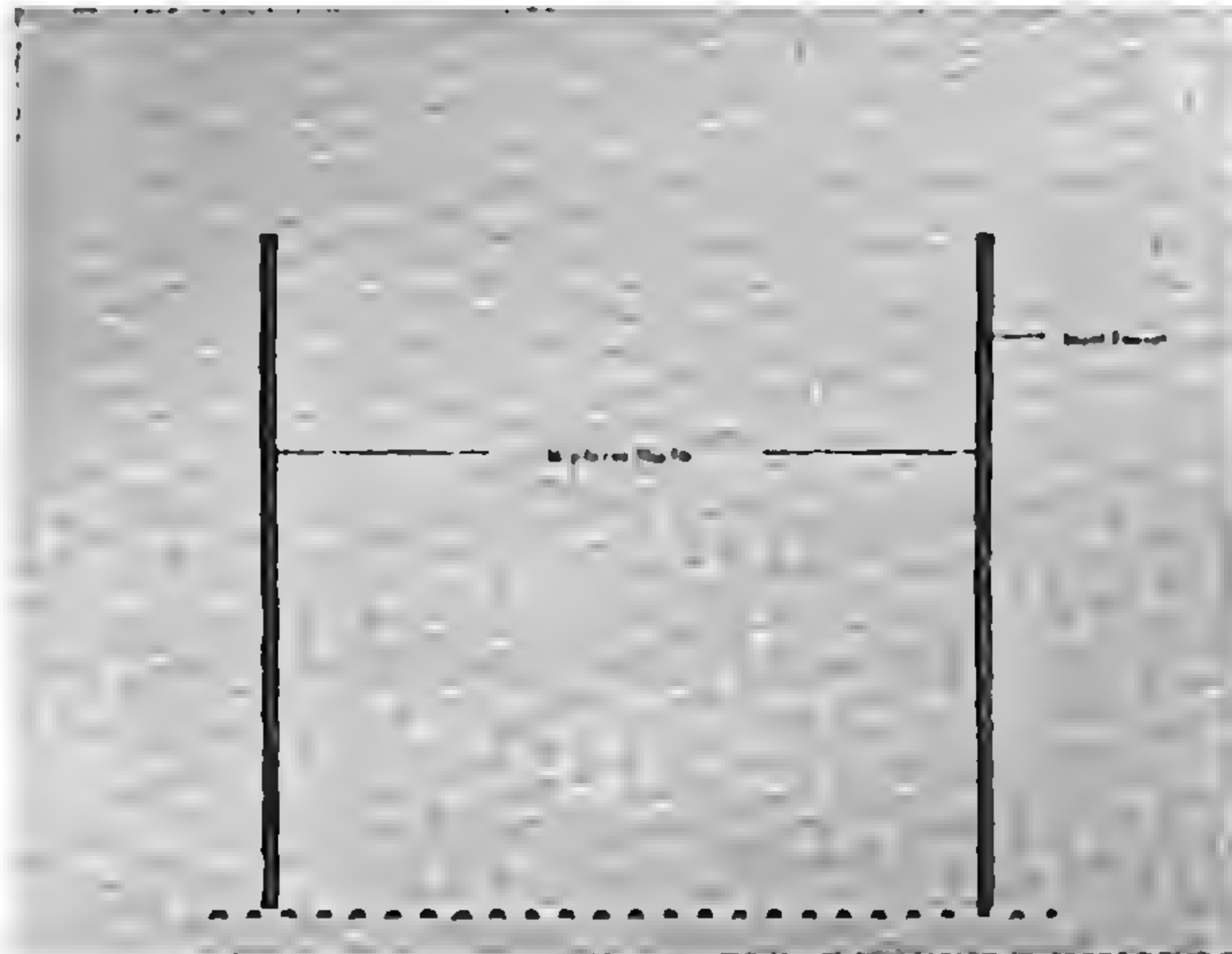


مبنى من ١٧ طابق أثناء الإنشاء - قلب المبنى منفذ بالشدات المنزلقة ، الأسقف منفذة بتكنولوجيا البلاطات المرفوعة

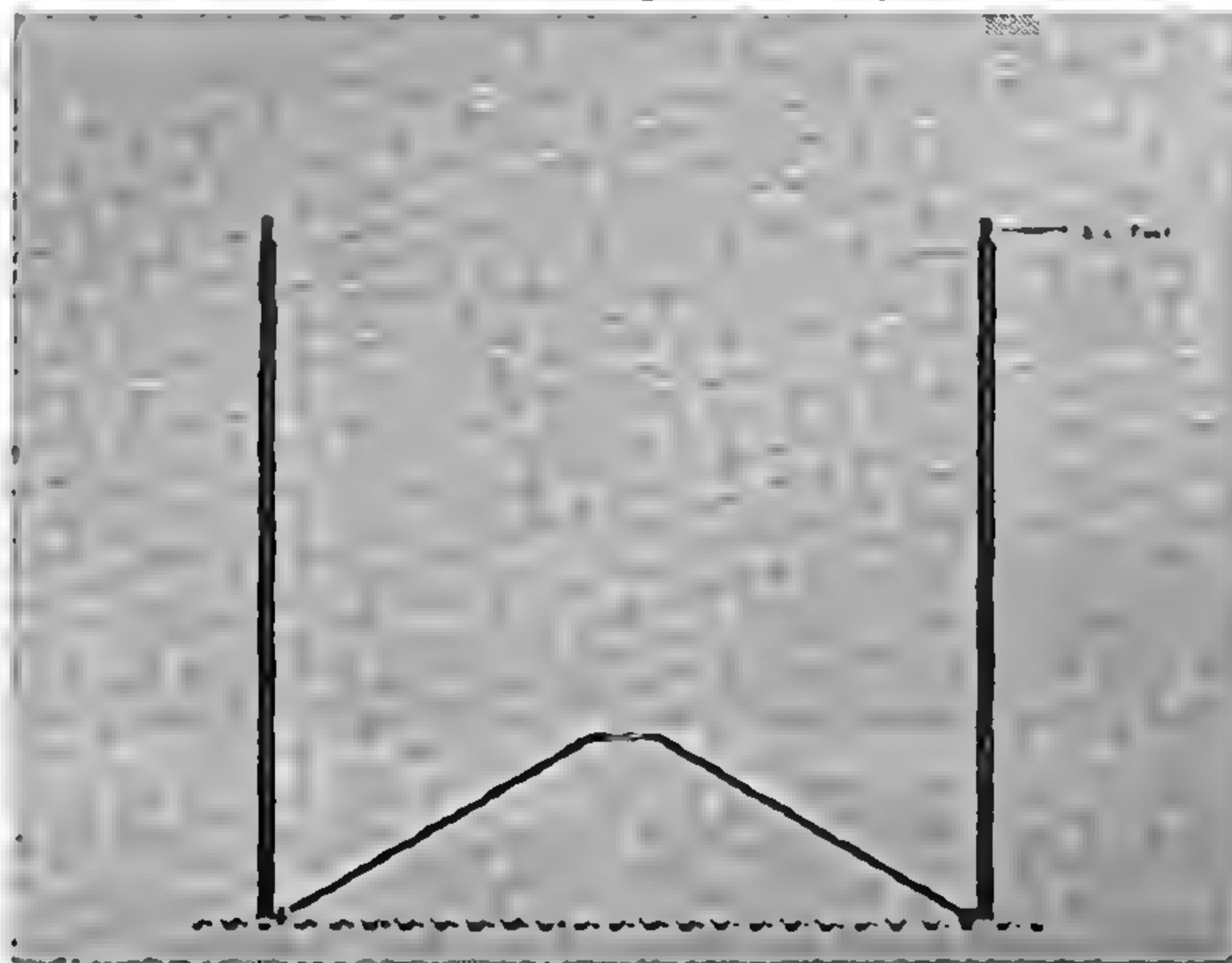


مبنى من ١٧ طابق - قلب المبنى منفذ بالشدات المنزلقة ، الأسقف منفذة بتكنولوجيا البلاطات المرفوعة

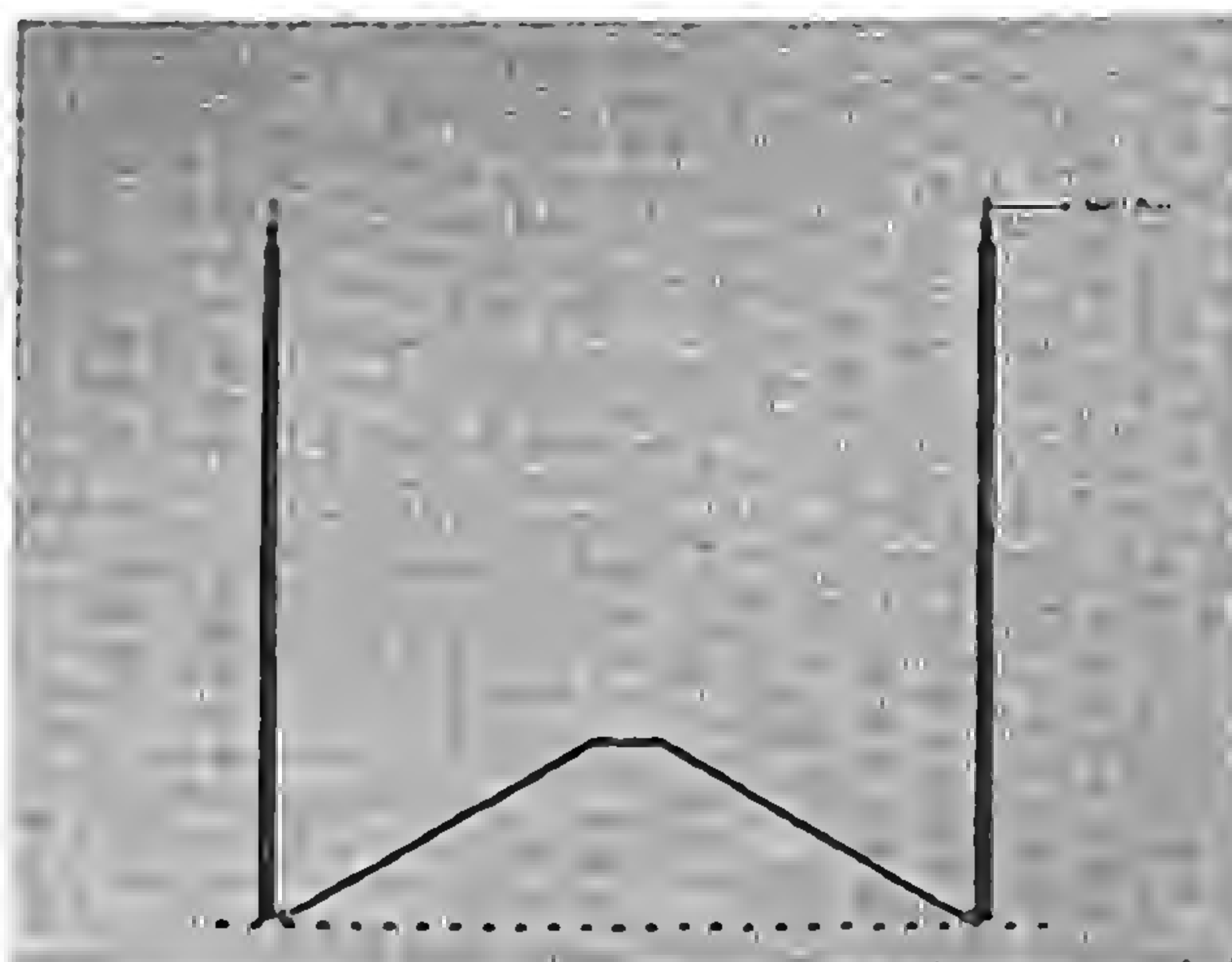
رفع الأسقف الخرسانية للصوامع والخزانات :



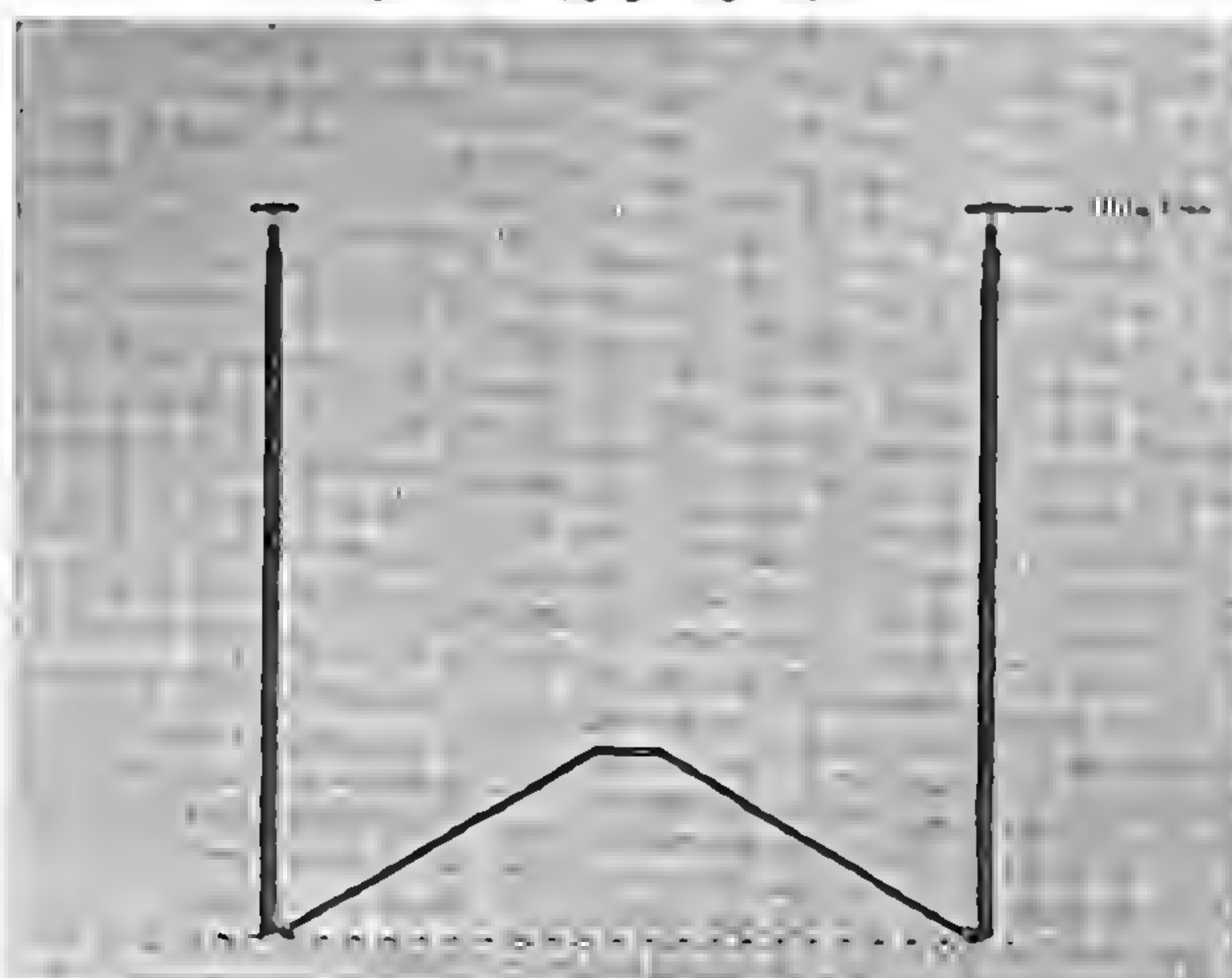
الأنهاء من صب الجسم الأسطواني للصومعة بواسطة الشدات المنزلقة



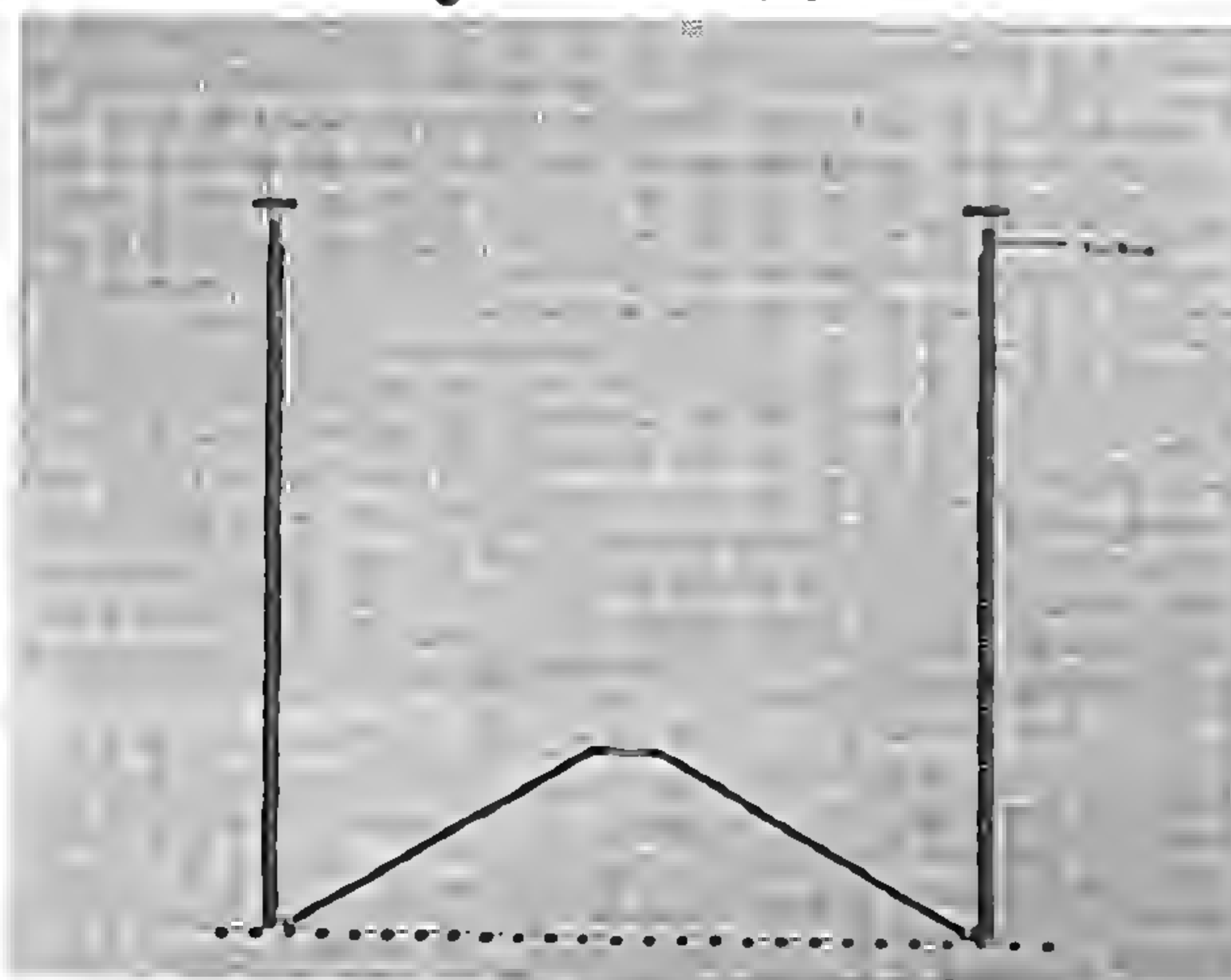
عمل ركائز الكواريك الخرسانية



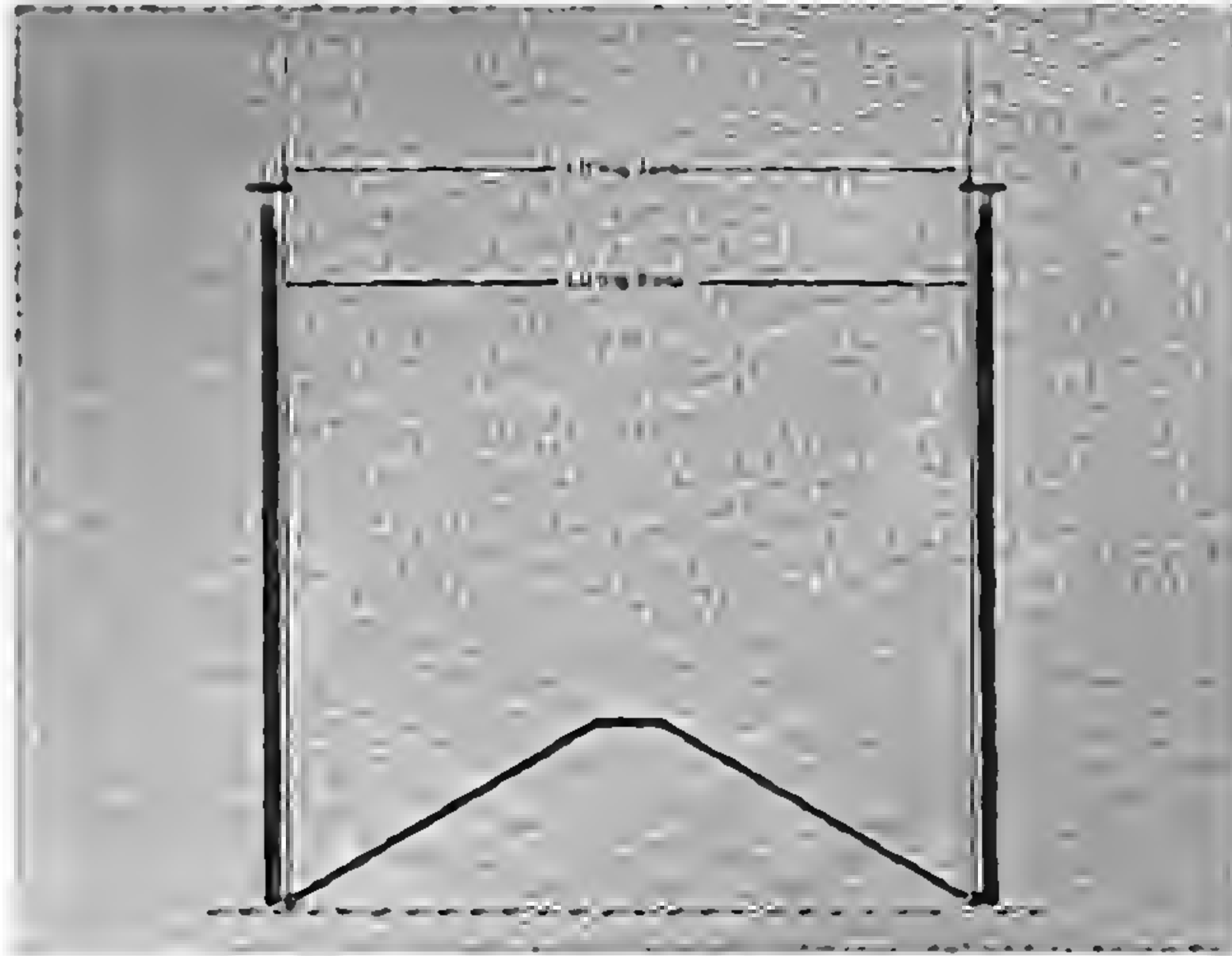
عمل ركائز الكواريك المعدنية



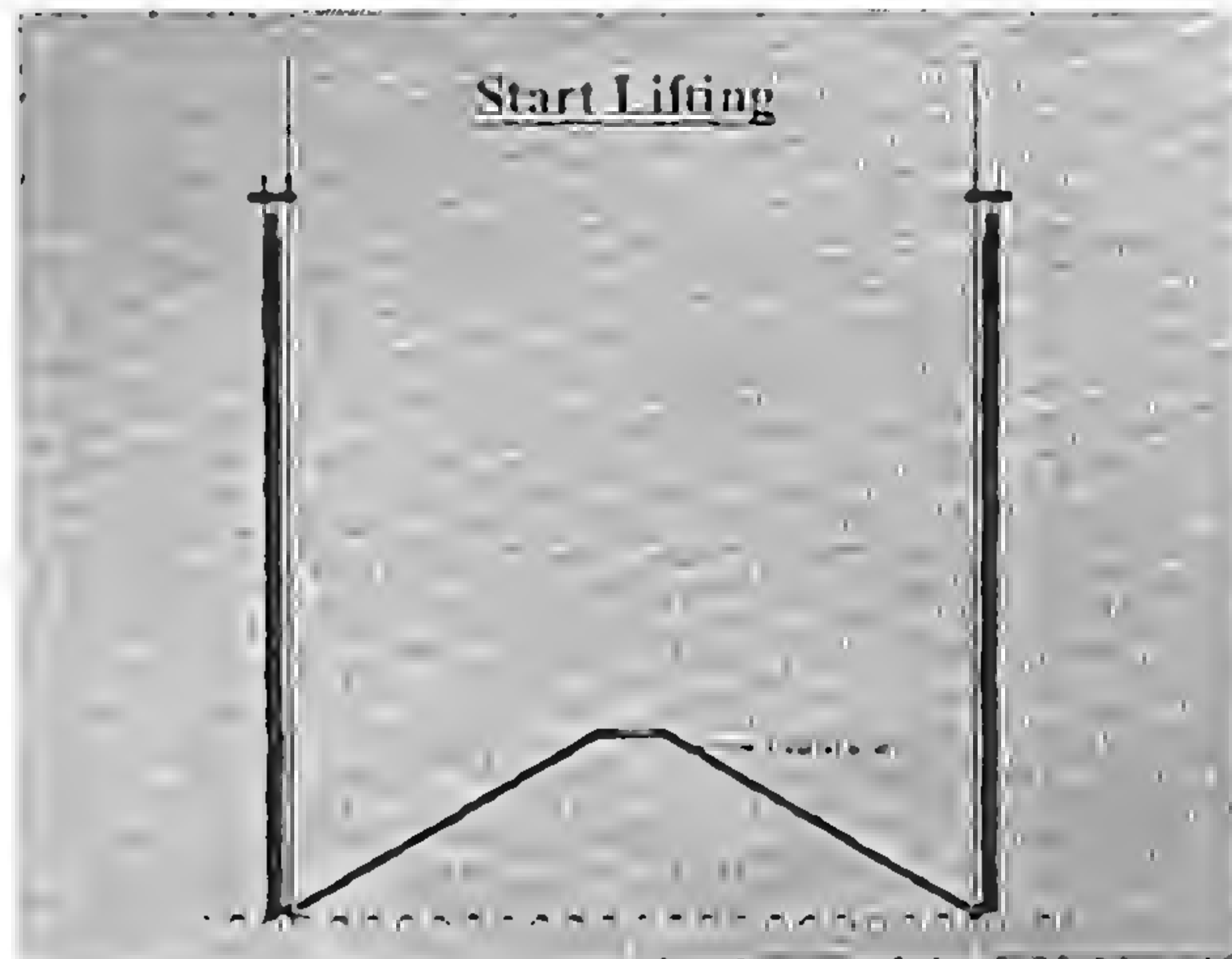
تركيب كواريك الرفع



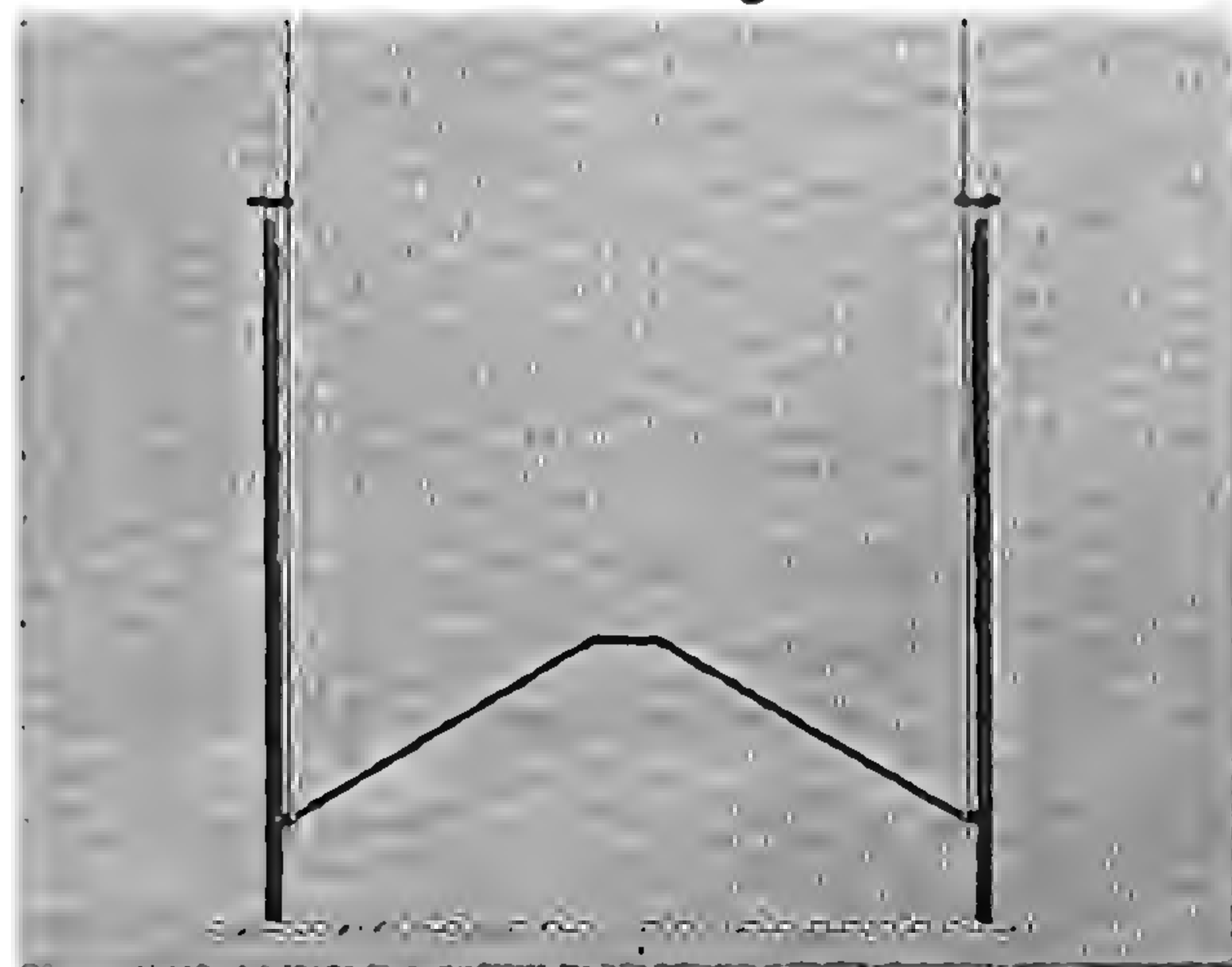
تركيب كابلات الرباط للكواريك



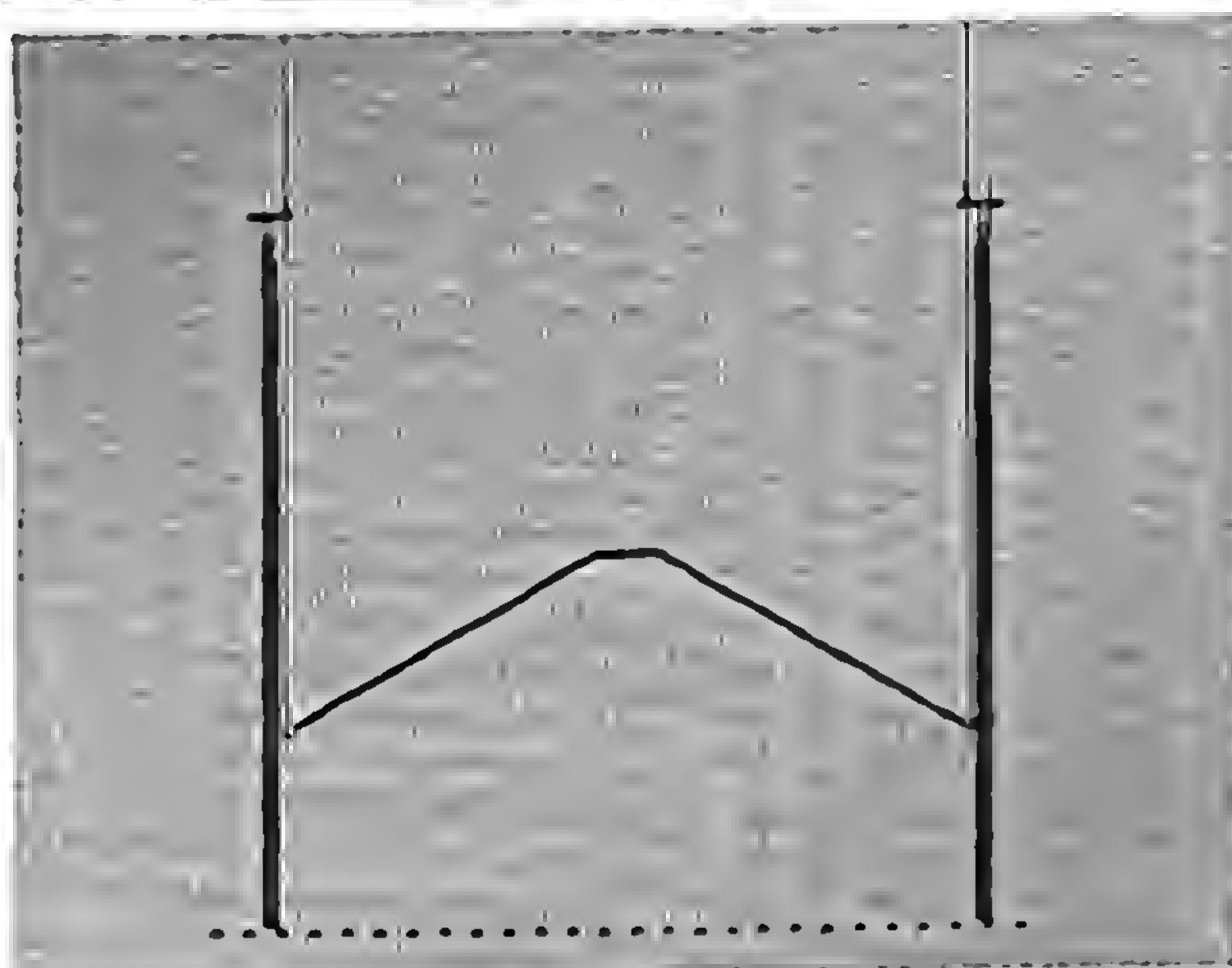
تركيب كابلات وكواريك الرفع



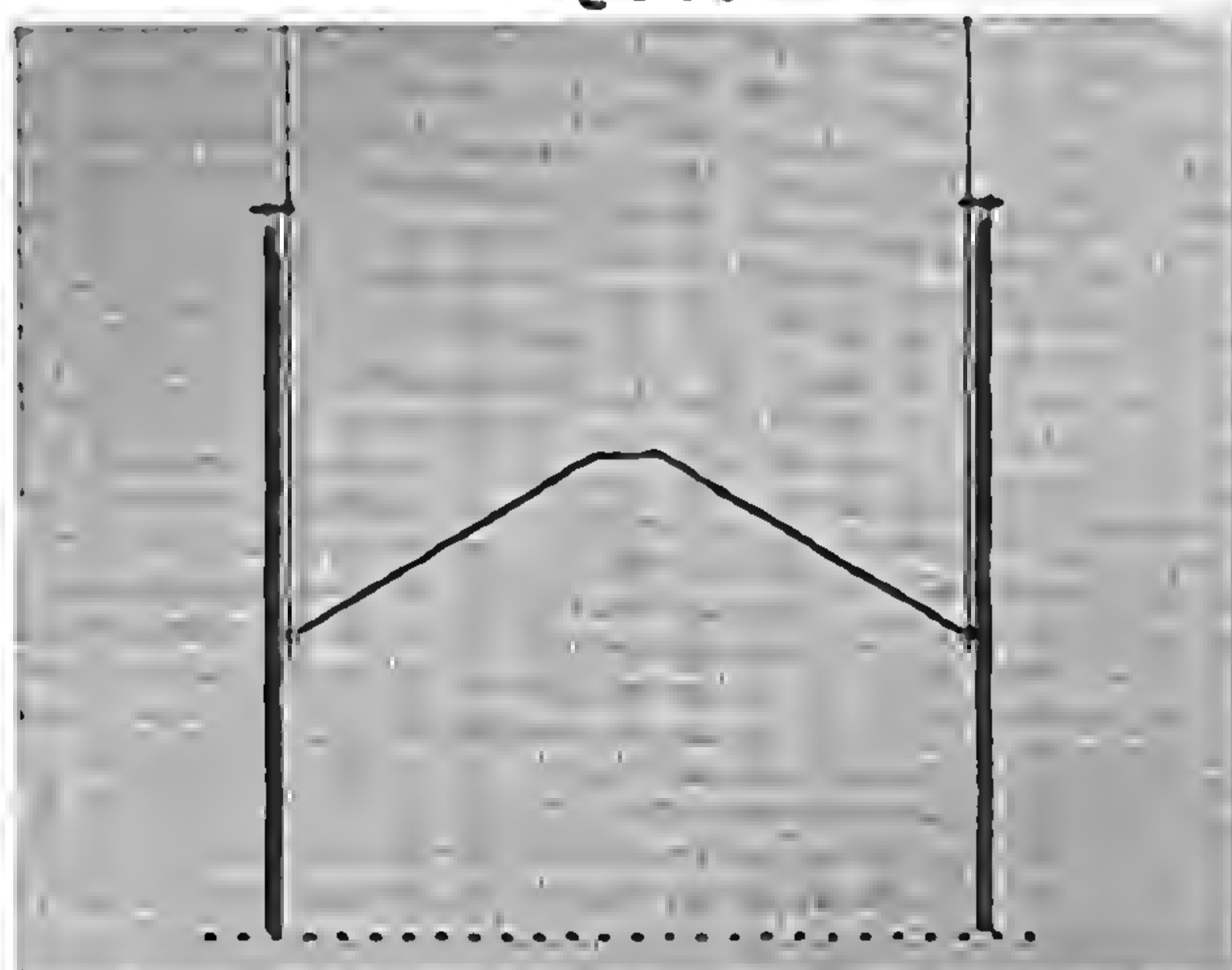
بدأ رفع السقف بالكواريك



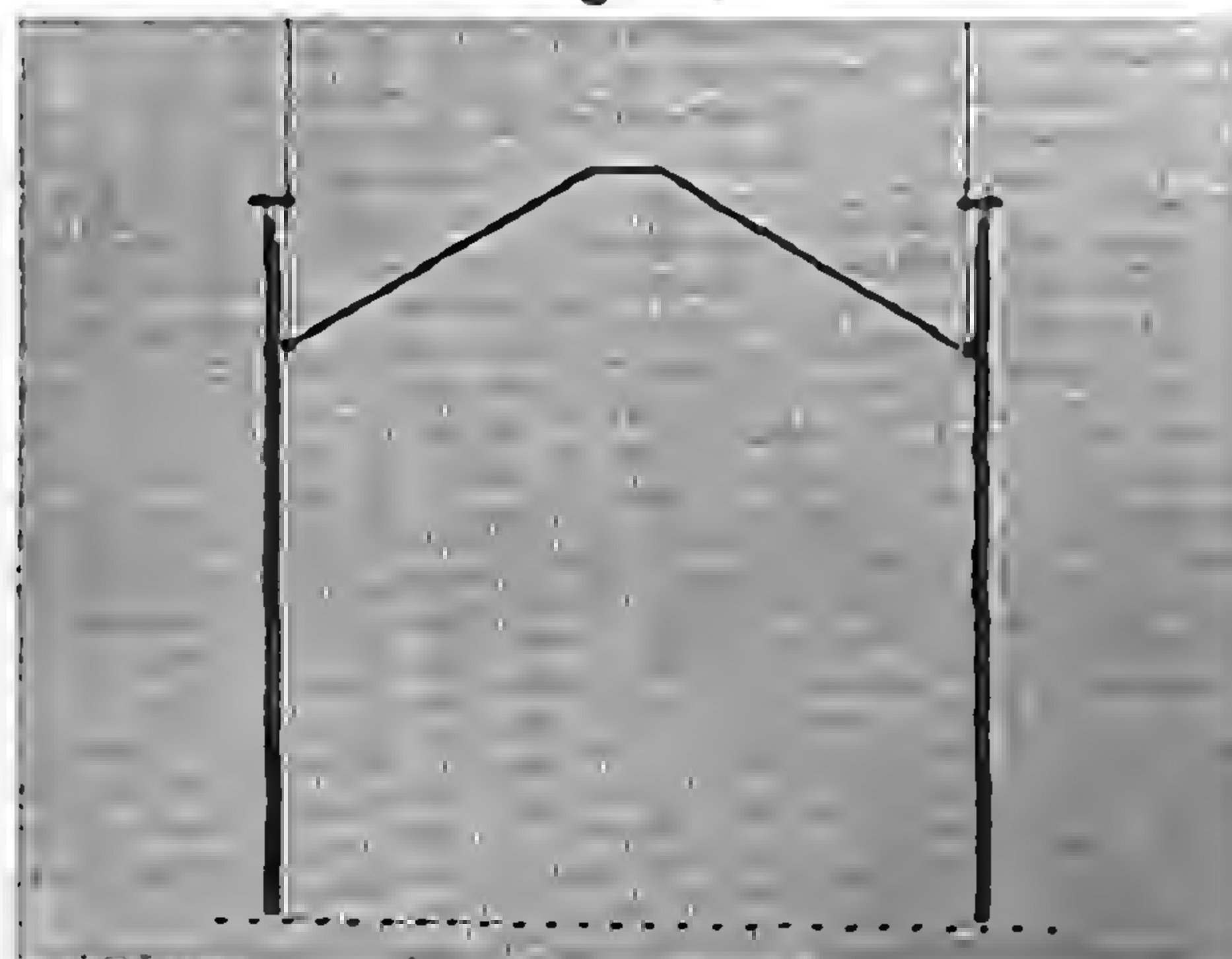
استمرار رفع السقف



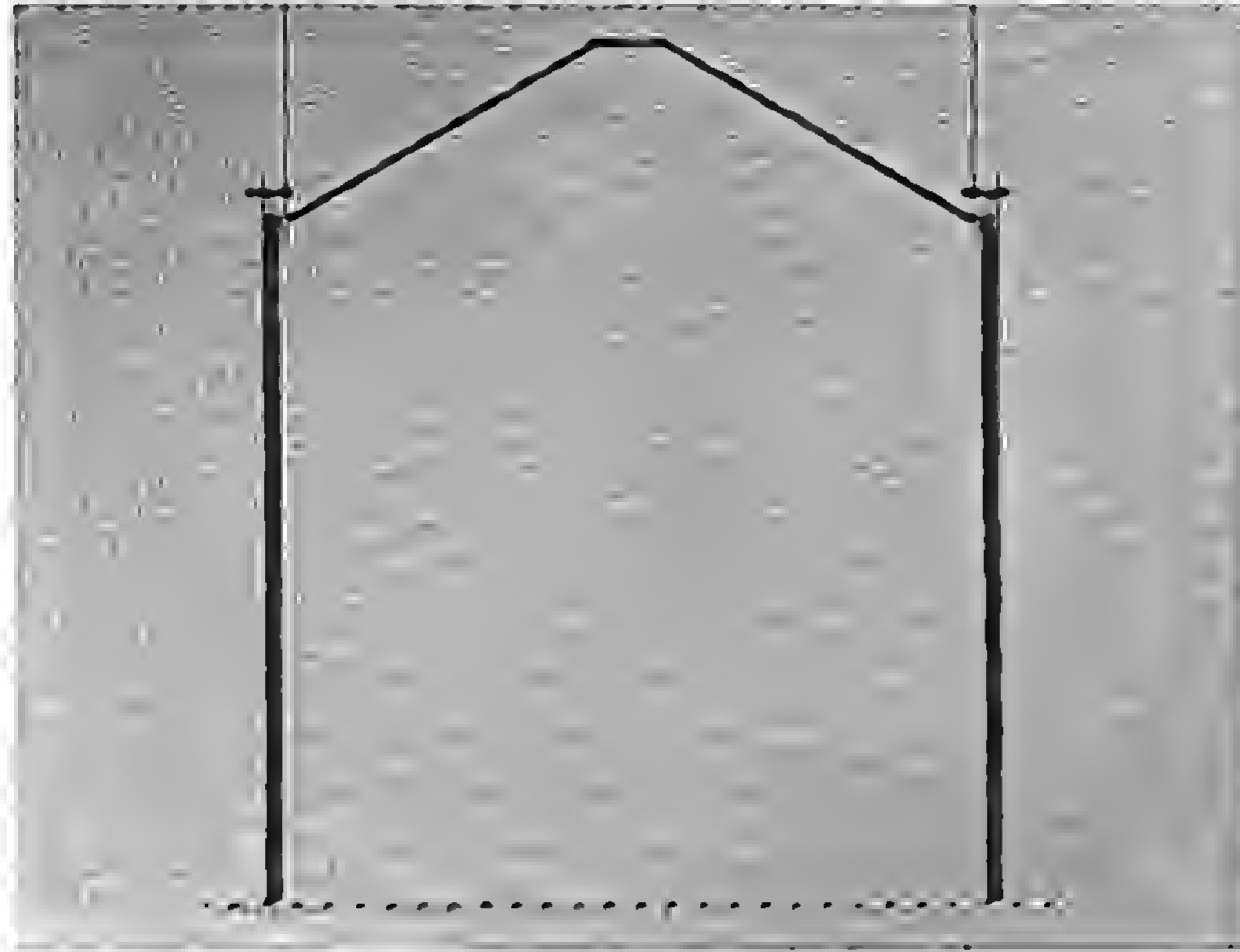
استمرار رفع السقف



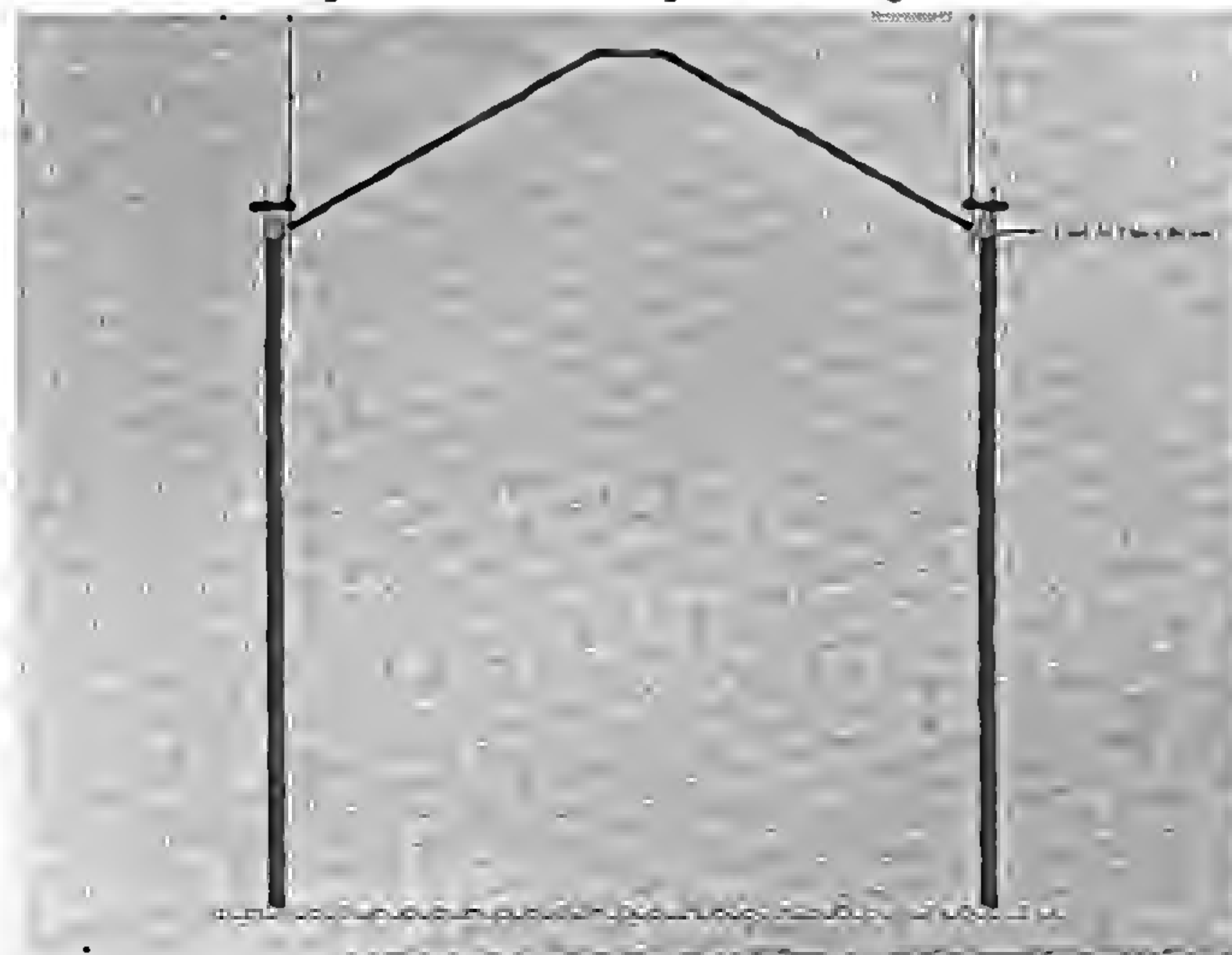
استمرار رفع السقف



استمرار رفع السقف

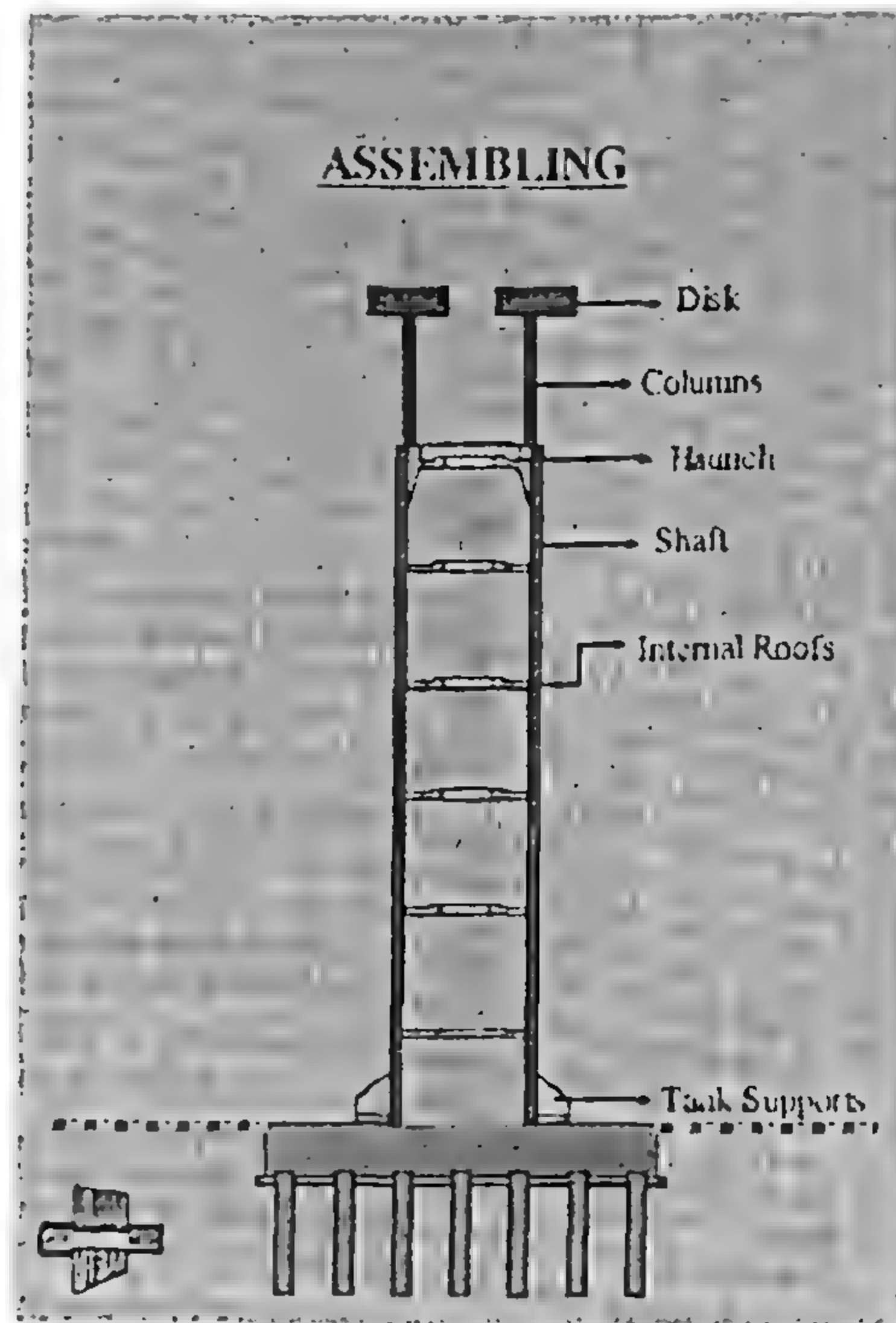


رفع السقف الي المنسوب النهائي

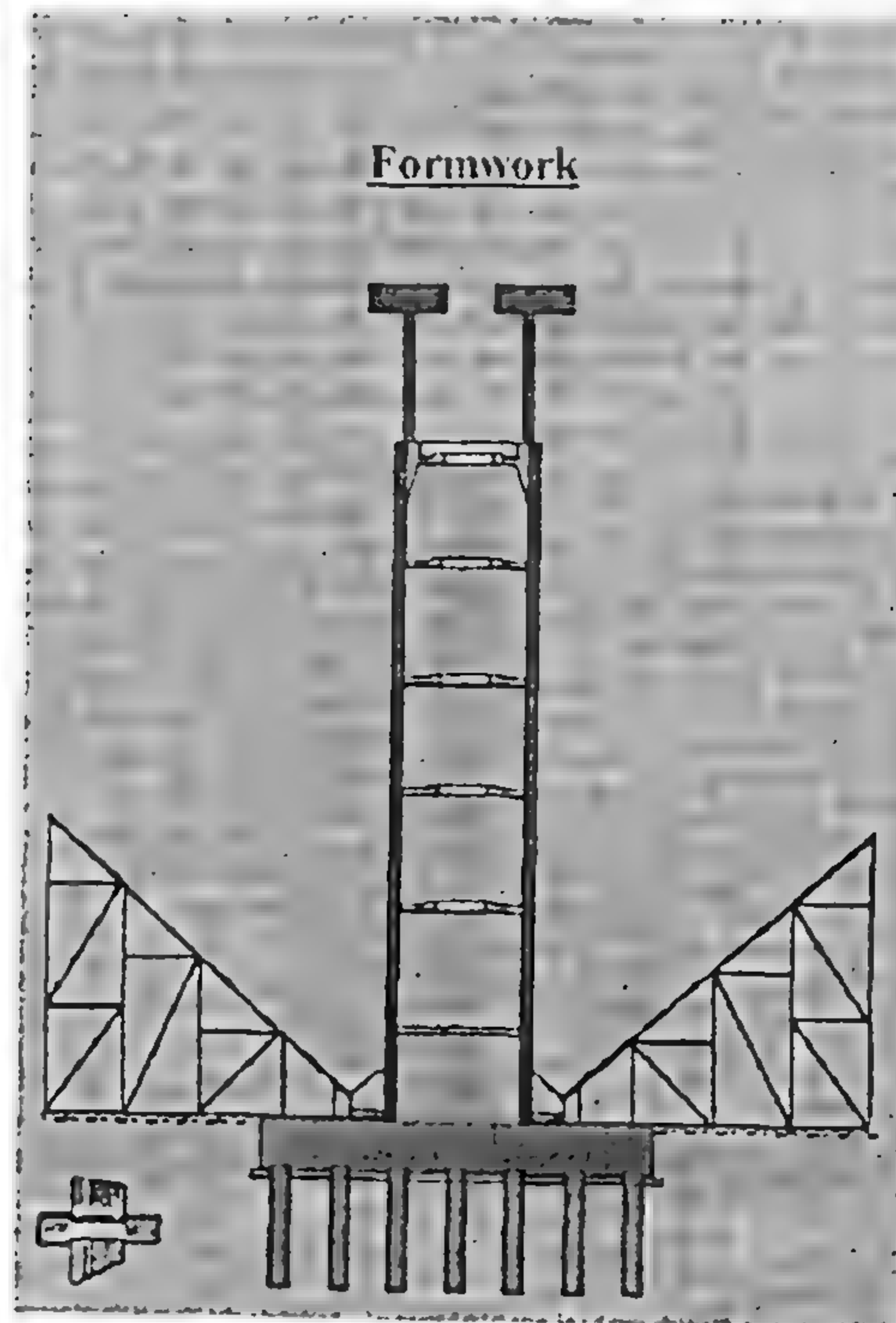


صب كمرة الدائر للحلة

**The Egyptian Company
for Construction Development**
Water Tower Tank Lifting

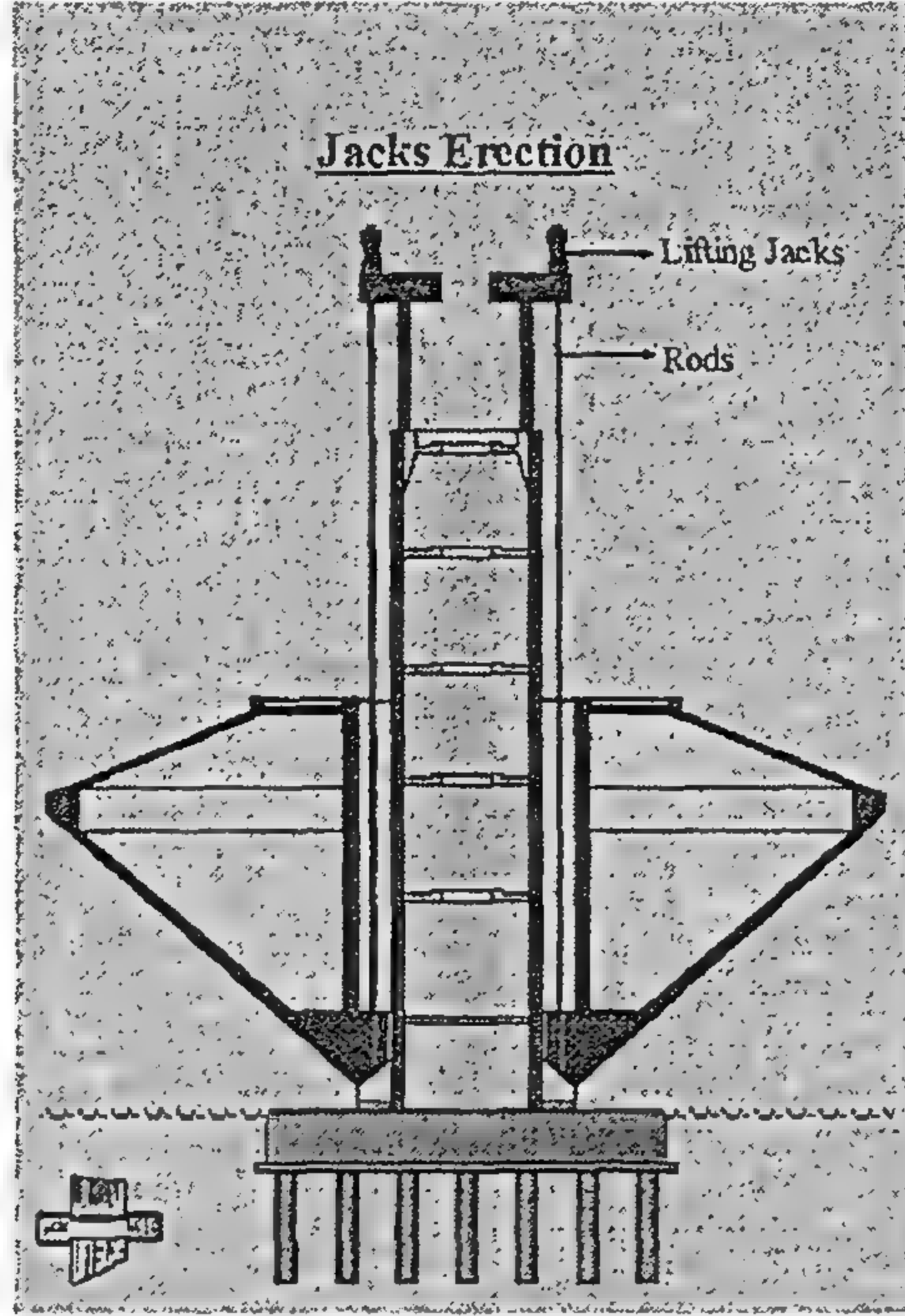


تفاصيل الخزان



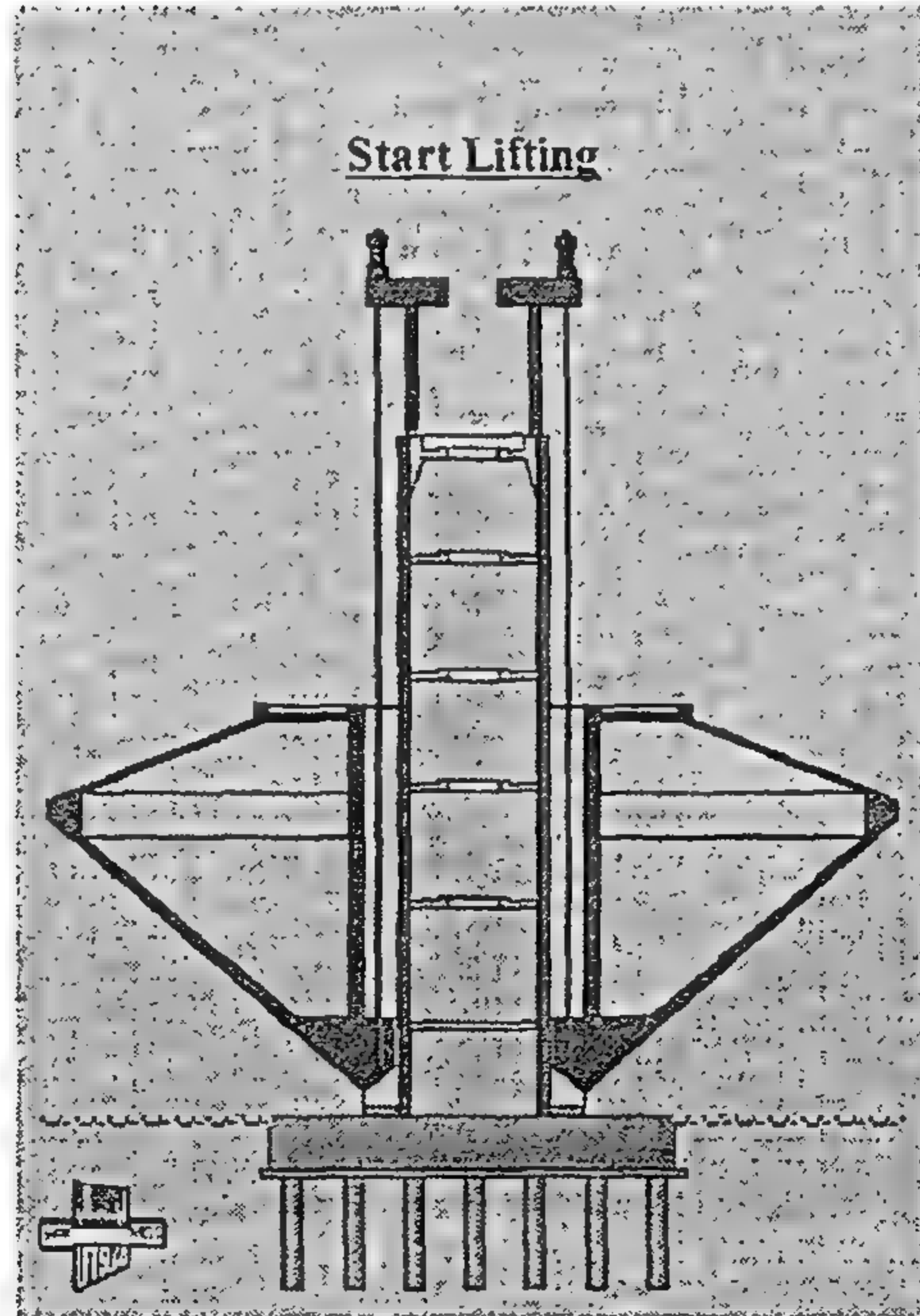
شركة ليفت سلاب مصر

عمل الشدة الأرضية للحلة



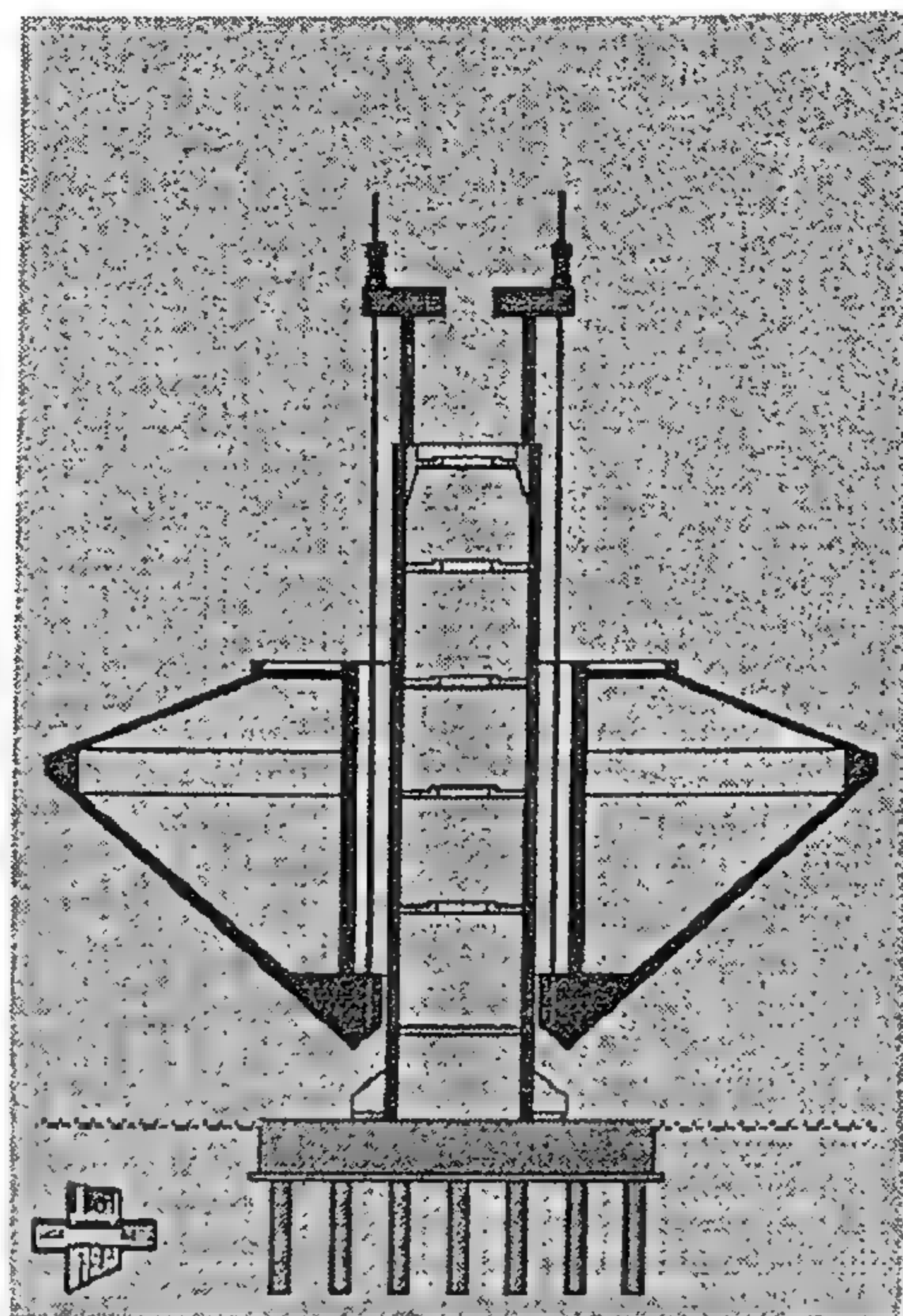
شركة ليفت سلاب مصر

تركيب كواريك الرفع



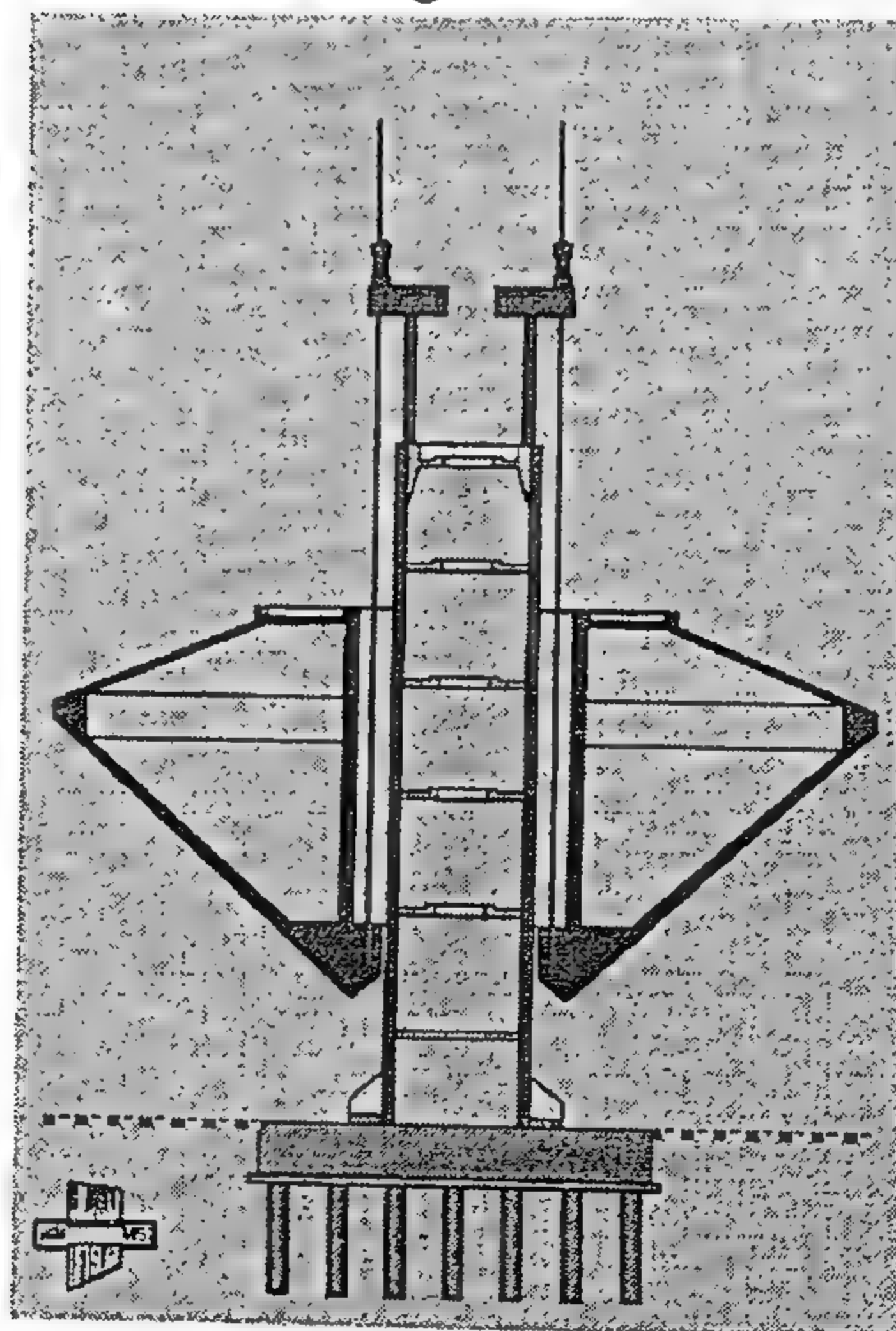
شركة ليفت سلاب مصر

بدأ رفع الحلة



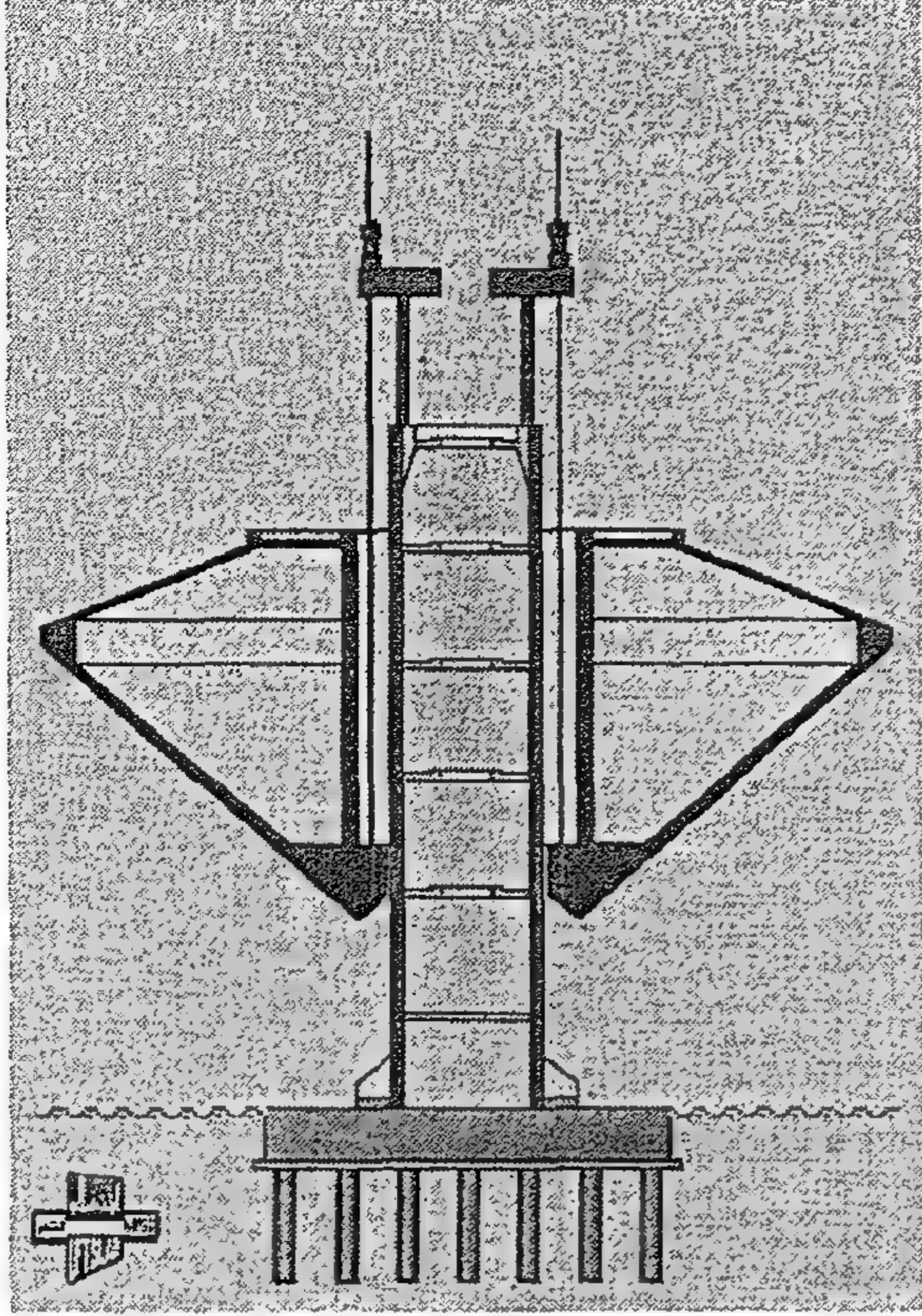
شركة ليفت سلاب مصر

استمرار رفع الحلة



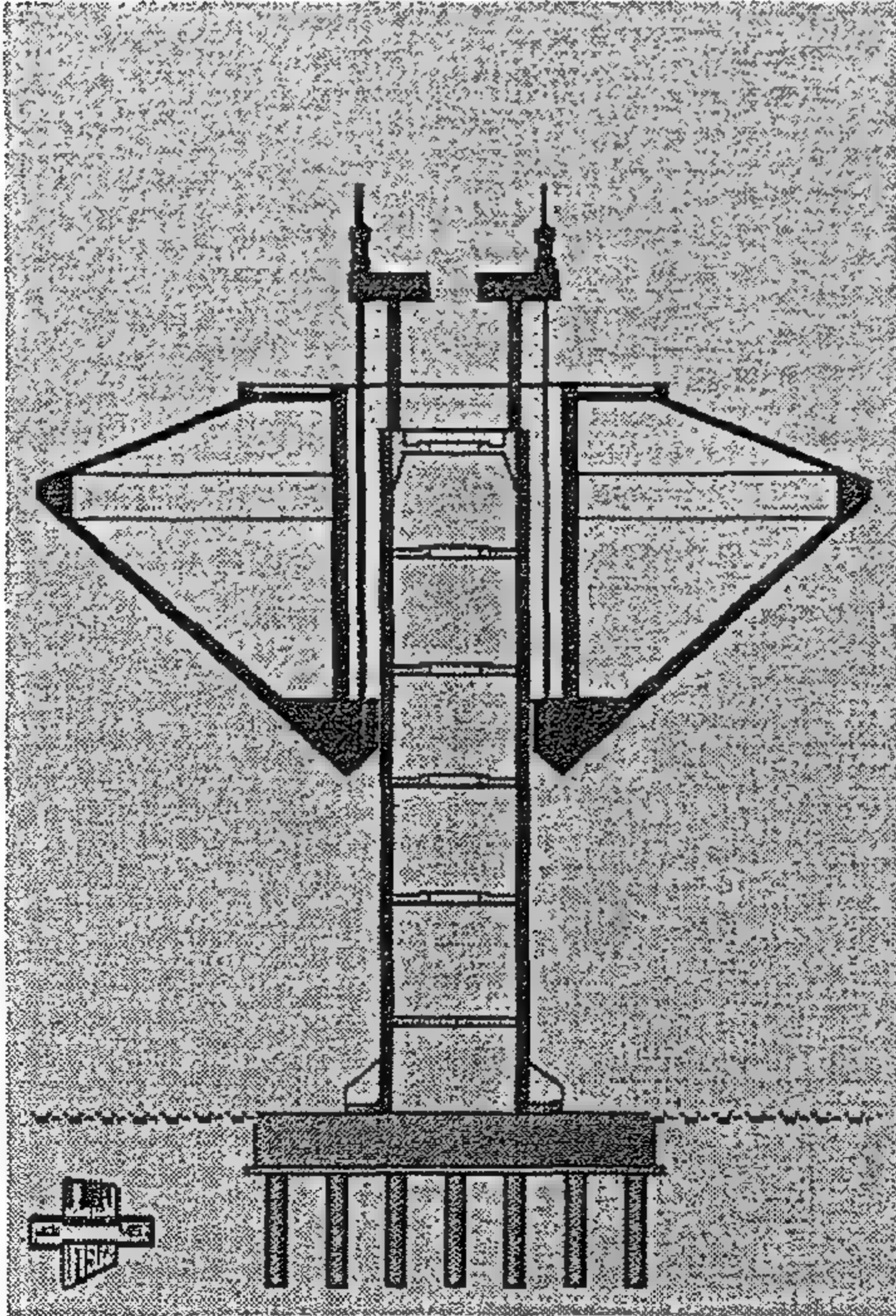
شركة ليفت سلاب مصر

استمرار رفع الحلة



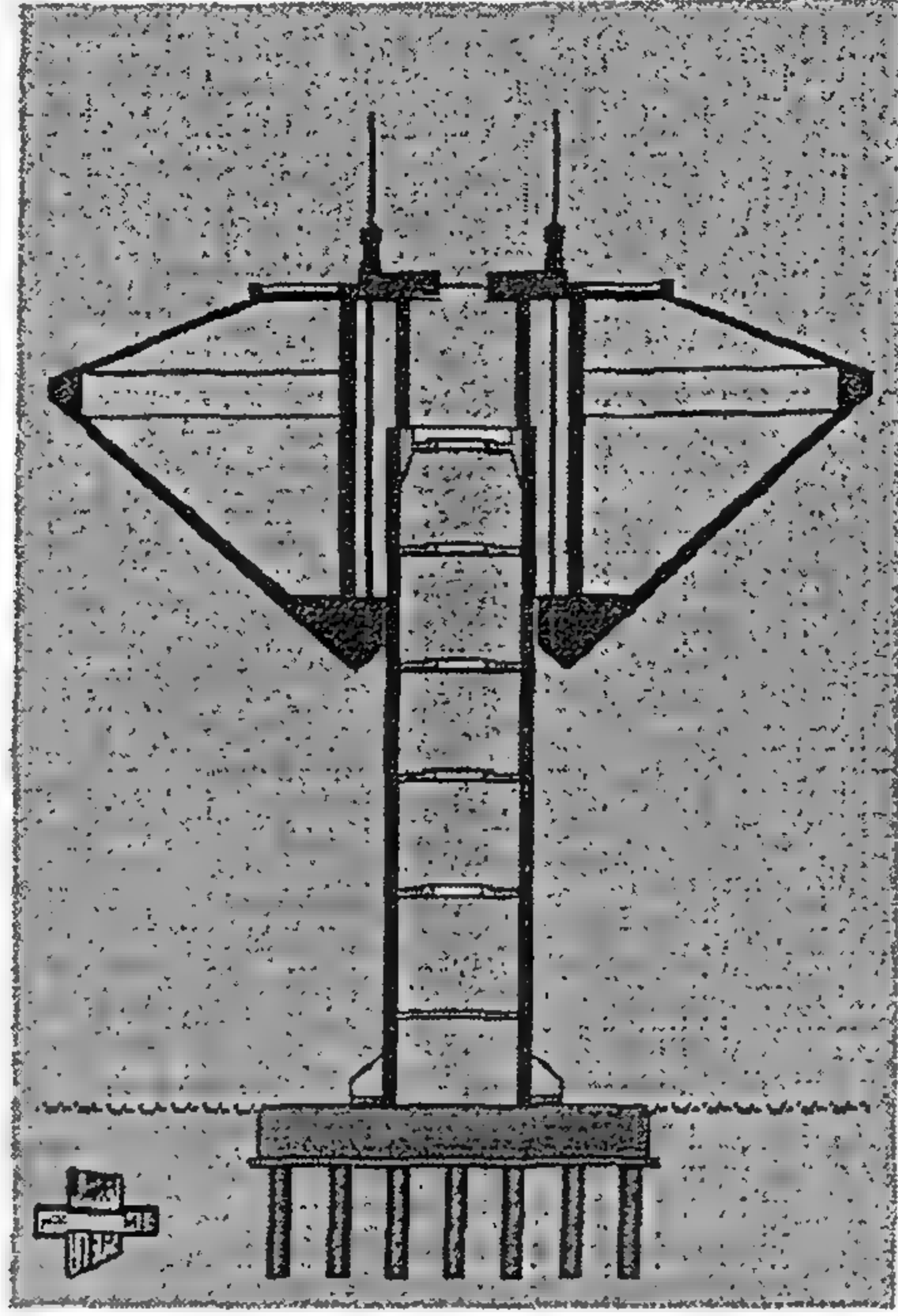
شركة ليفت سلاب مصر

استمرار رفع الحلة



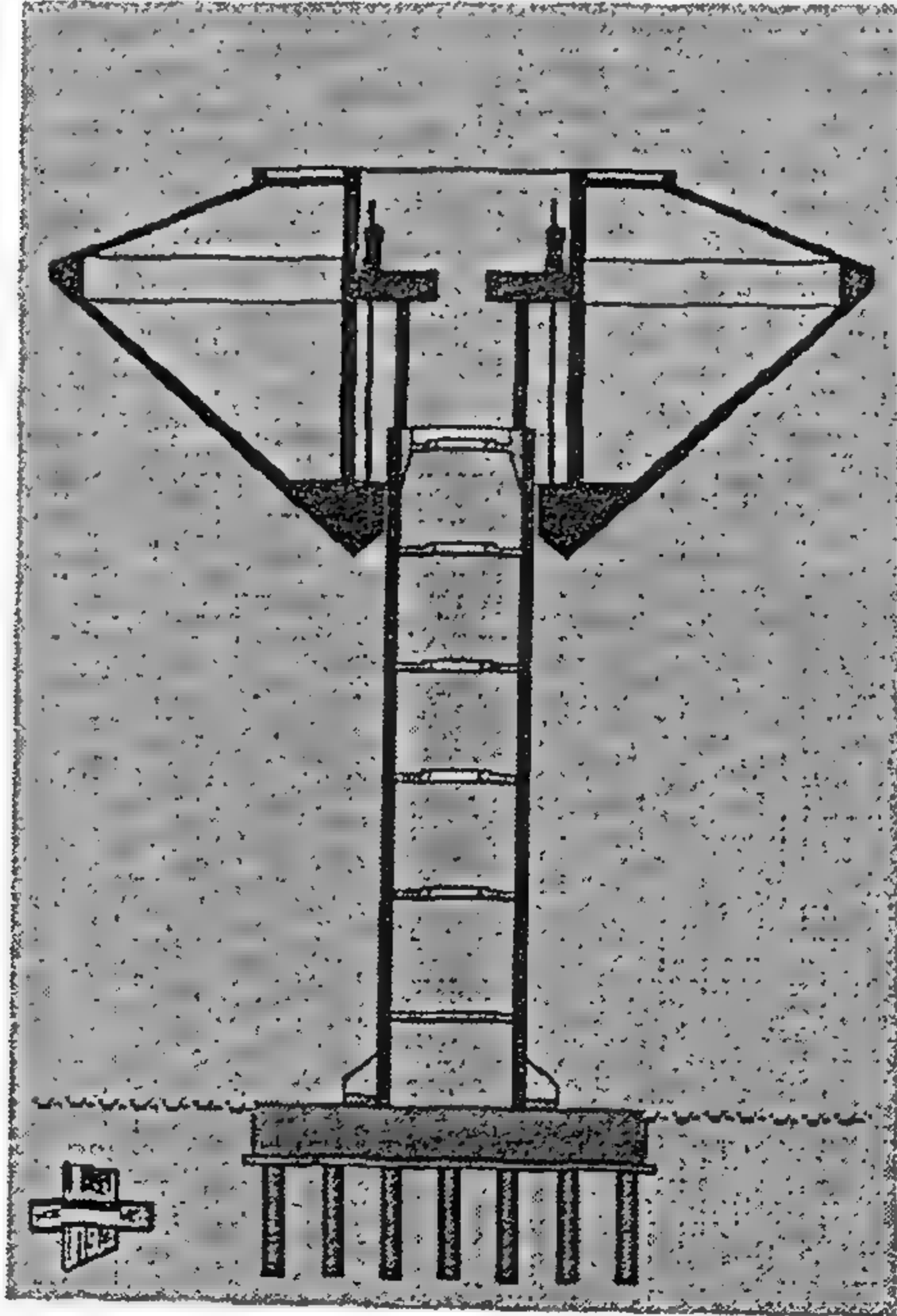
شركة ليفت سلاب مصر

استمرار رفع الحلة



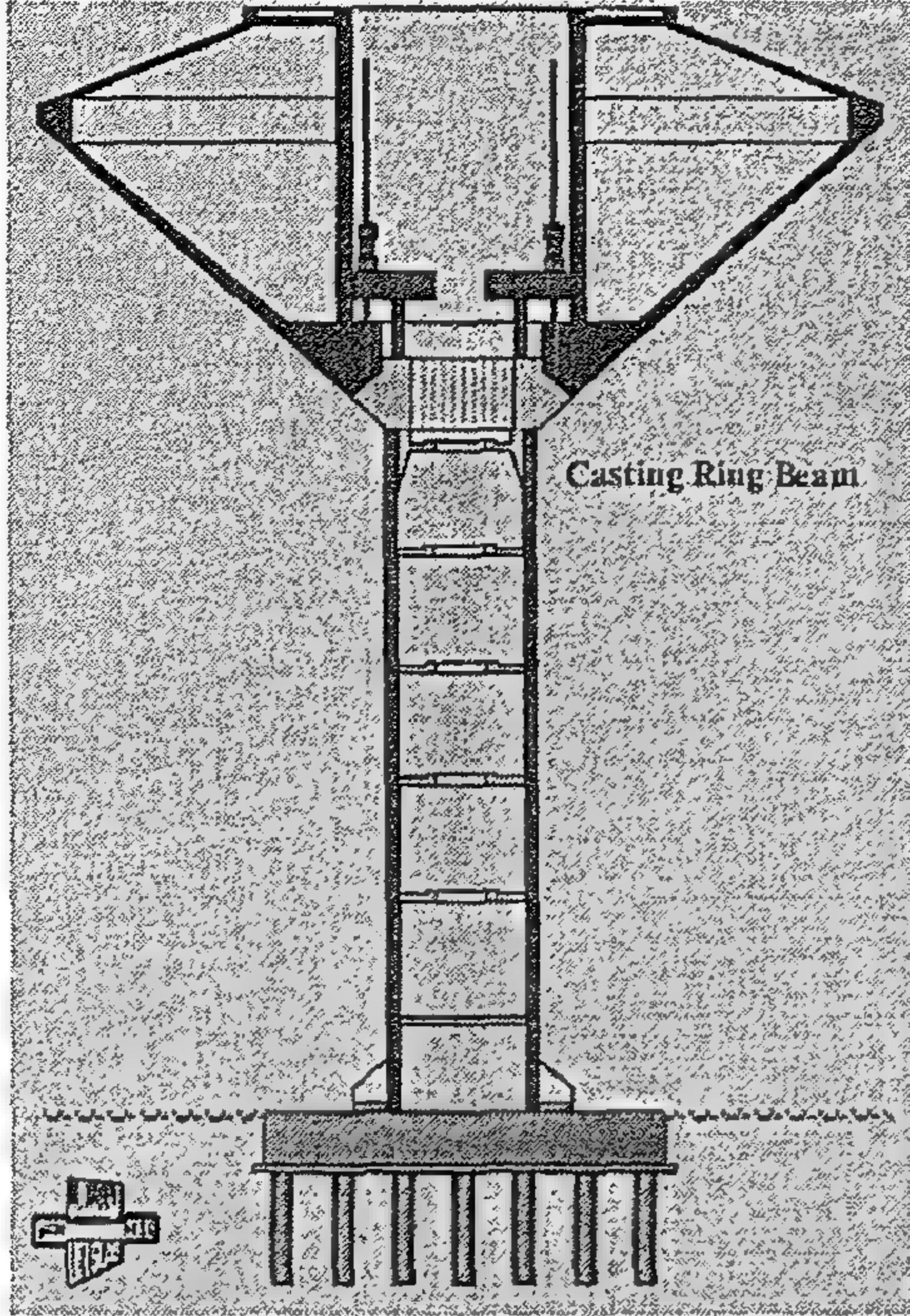
شركة ليفت سلاب مصر

الحلة تقترب من الوضع النهائي باستمرار الرفع



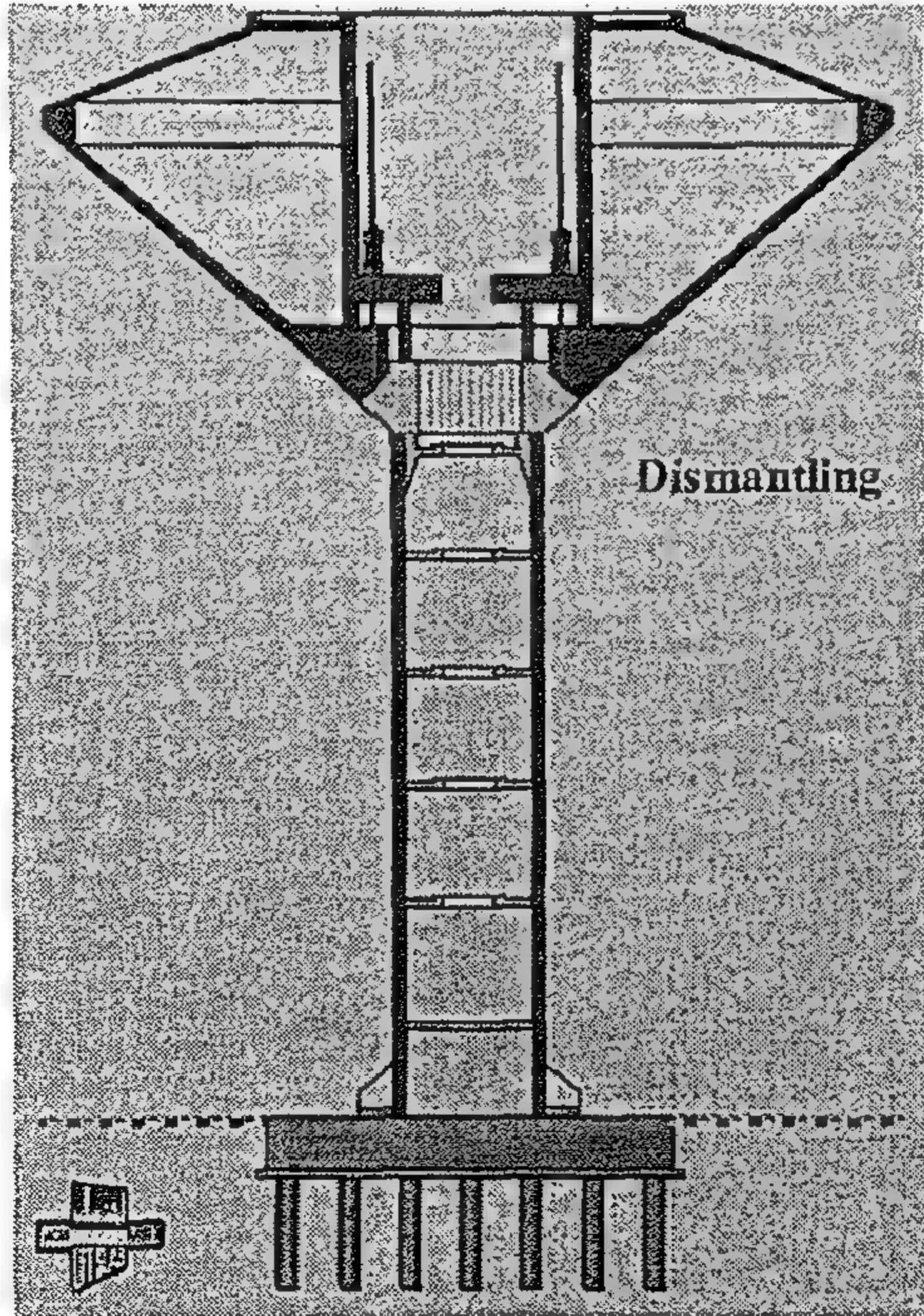
شركة ليفت سلاب مصر

الوصول الي الوضع النهائي للحلة



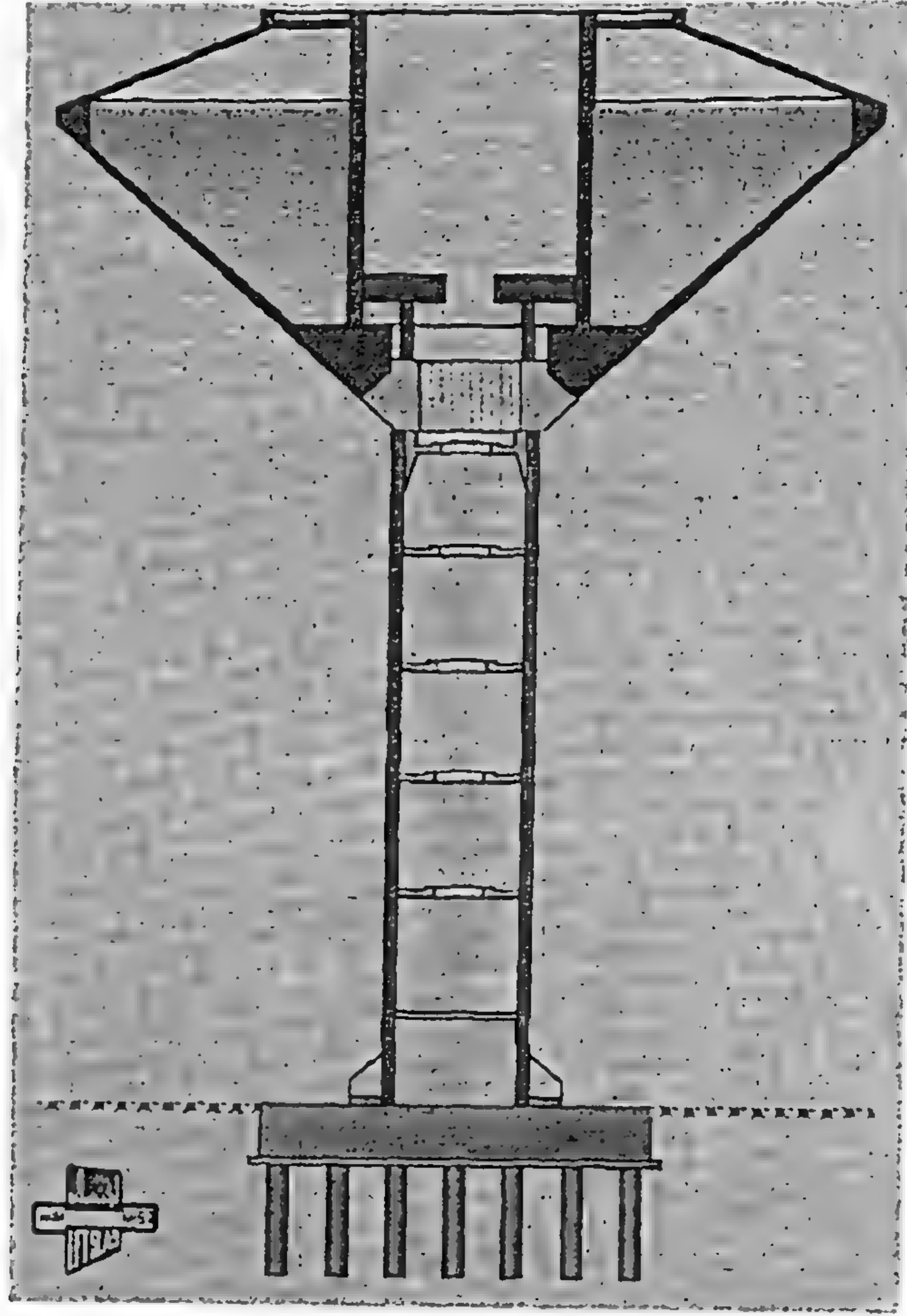
شركة ليفت سلاب مصر

صب كمرّة الدائر



شركة ليفت سلاب مصر

فك الكواريك الرافعة و باقي المعدات

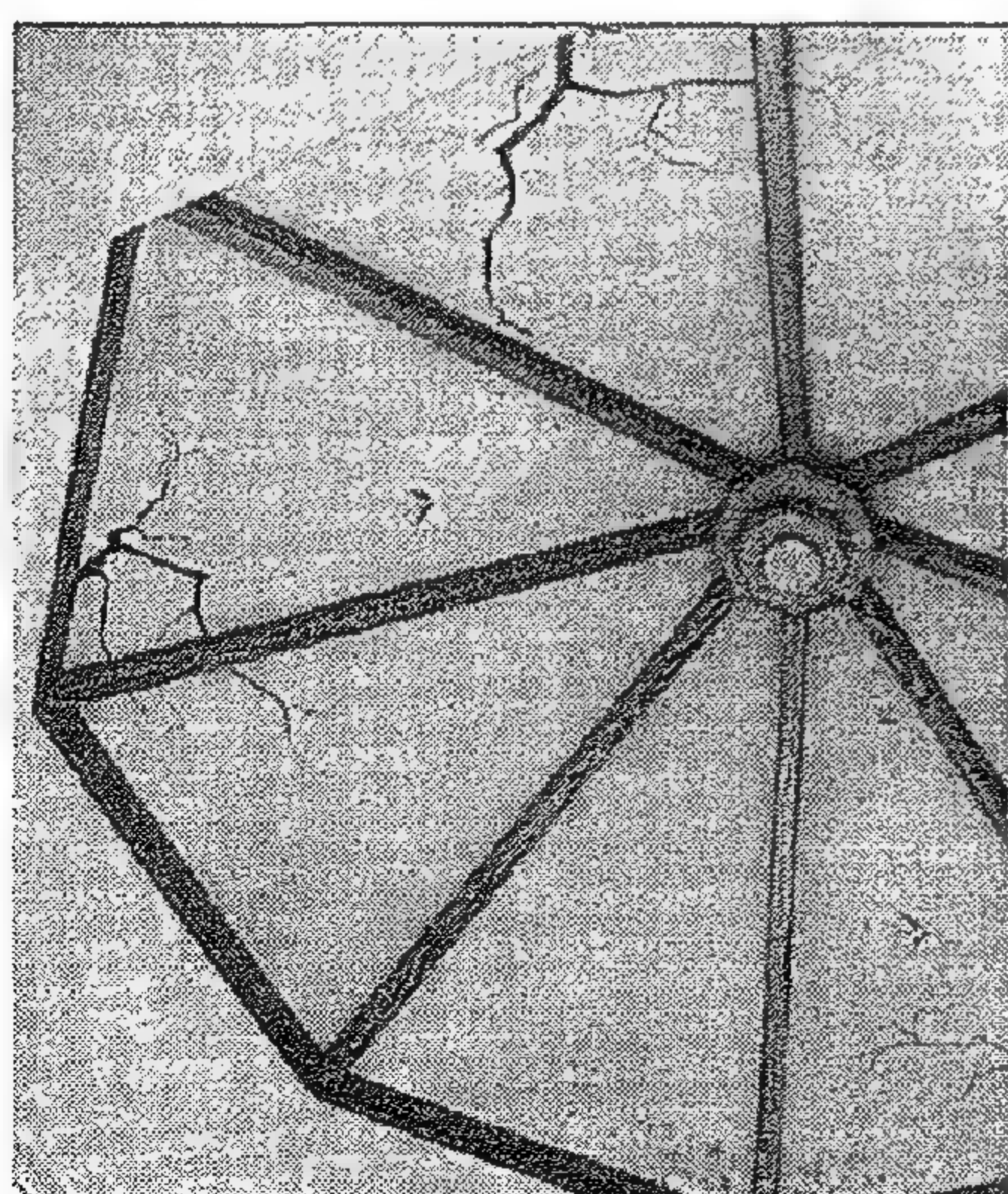


شركة ليفت سلاب مصر

الخزان في الوضع النهائي

المراجع

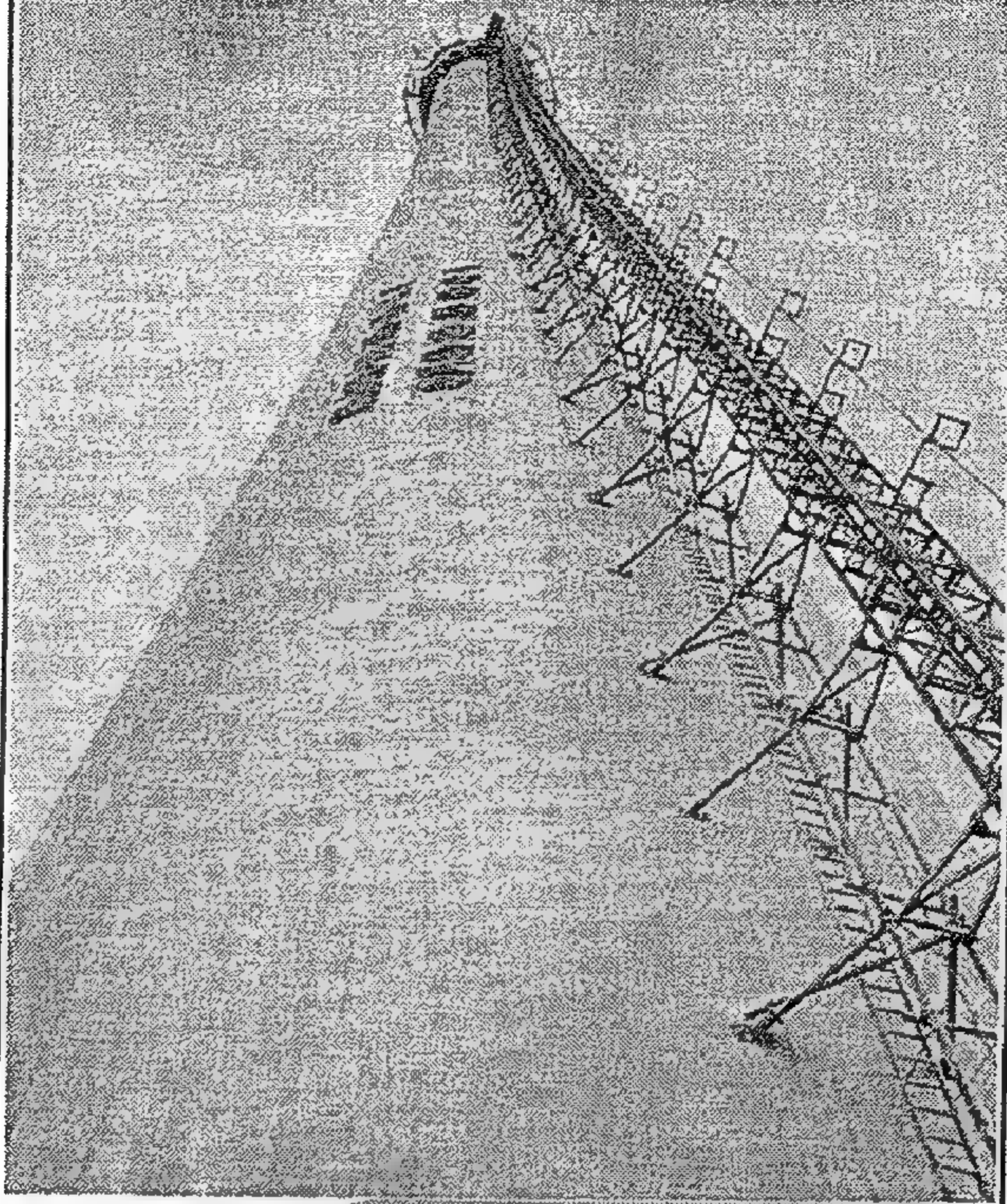
- ١ - معهد التدريب الفني والمهني - شركة المقاولون العرب .
- ٢ - شركة ليفت سلاب - المهندس حسن أبراهيم .



5

الإنشاءات المتميزة

الشركات المسلحة المتزقة



الباب القادي والمشرون

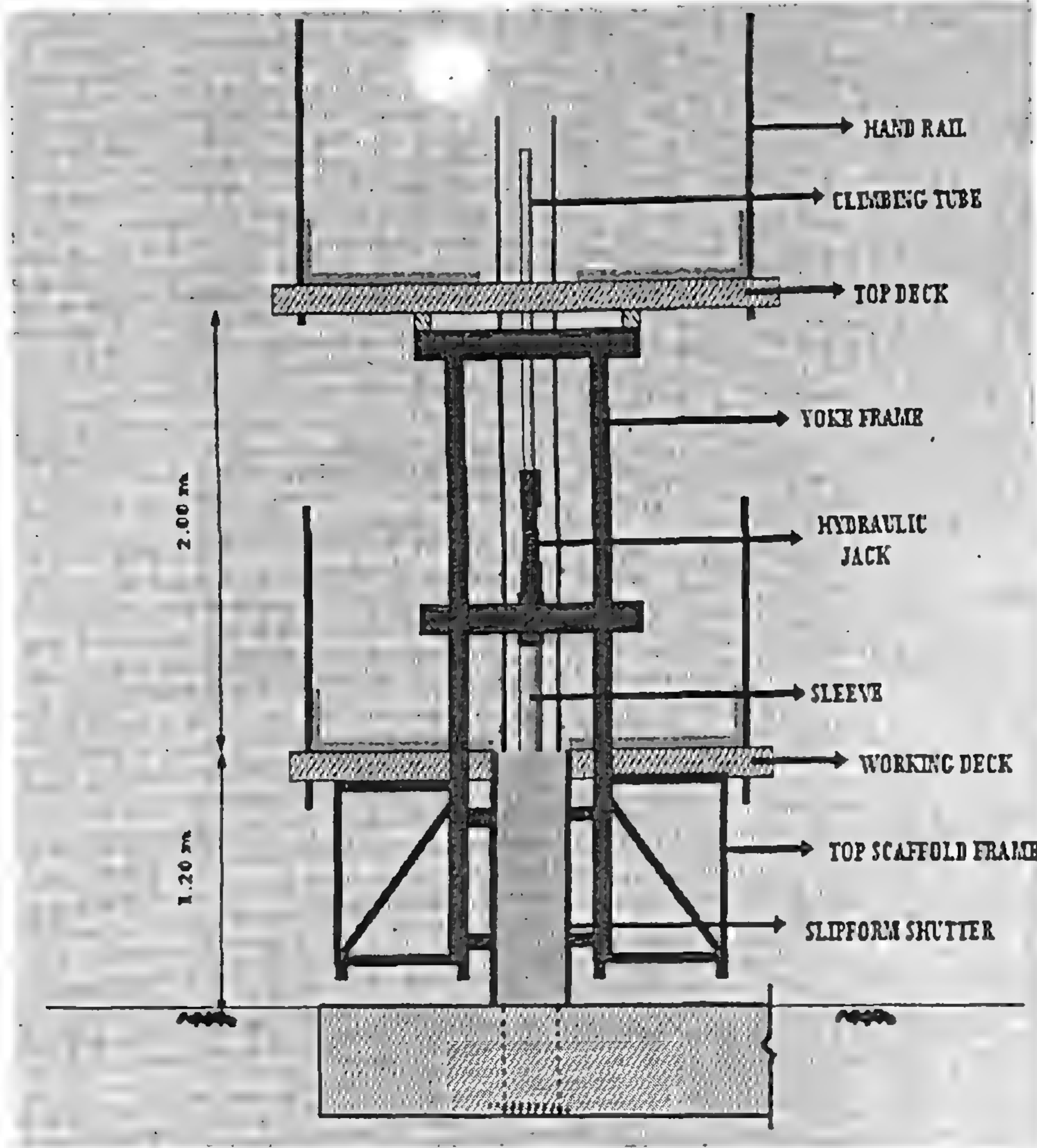
الشركات المسلحة المتزقة

الشدات المسلحة المنزلقة

مقدمة :

يعتبر هذا النظام من أفضل النظم لتنفيذ أعمال الخرسانات الرأسية وذلك في المجالات الآتية :

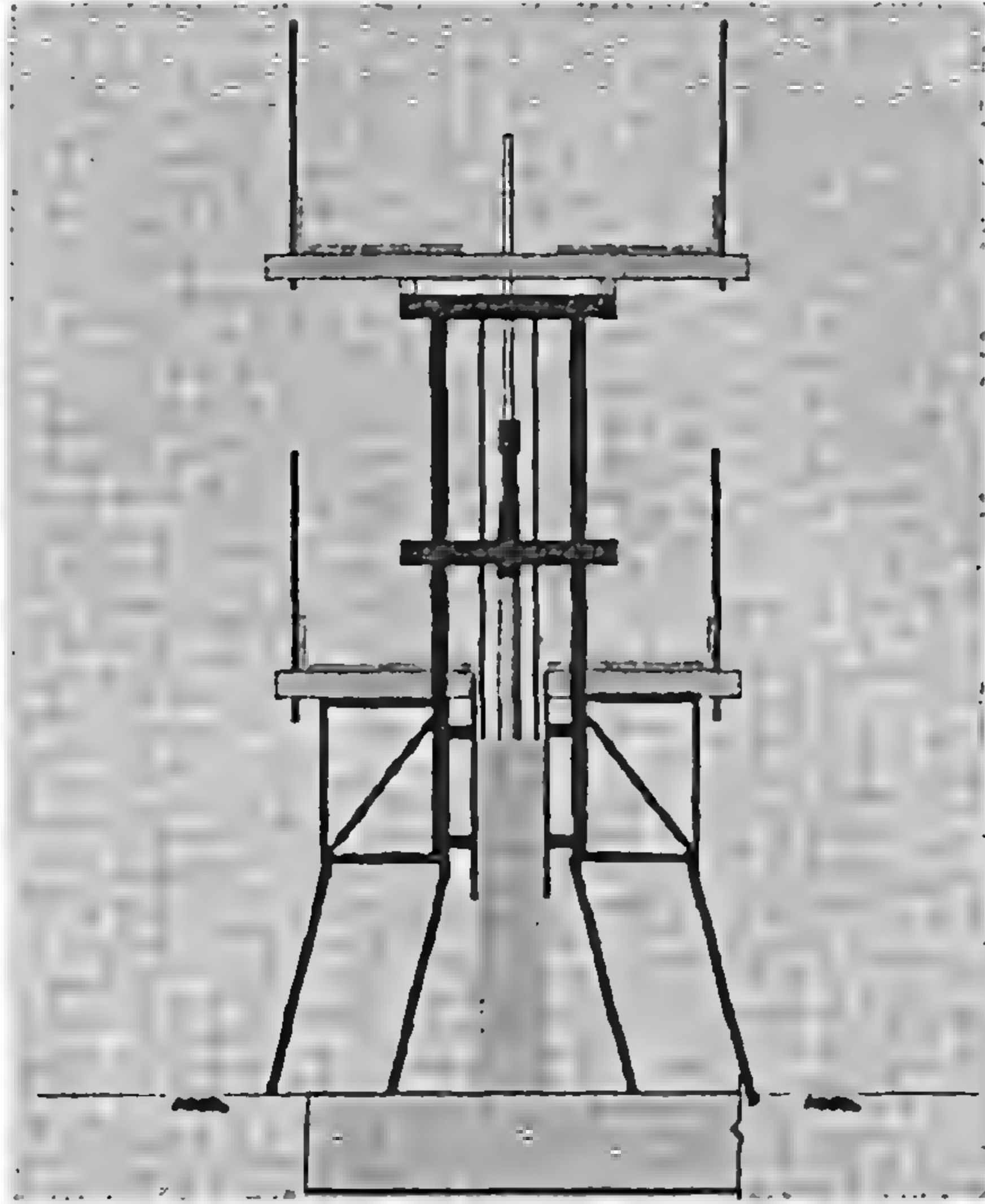
- ١ - دعامات الكباري - داخل المجاري المائية .
- ٢ - آبار المصاعد أو بئر السلم أو كلاهما وذلك في المباني العالية - مثل أبراج الأسكان بالمعادي وبرج الخليج بالمهندسين .
- ٣ - المداخن - صوامع الغلال ، حتى مع تغير القطر الداخلي أو سمك البدن الخرساني - مثل صوامع غلال شبرا ومداخن محطة كهرباء أسيوط ومصنع أسمنت العامرية .
- ٤ - خزانات المياه العالية - مثل خزان مياه الهرم وخزان مدينه السلام بالقاهرة .
- ٥ - خزانات التخمر لمشروع عقد ١/١٦ (محطة تنقية مياه الصرف الصحي بالجبل الأصفر) - القاهرة .
- ٦ - أبراج مراقبة الطائرات .
- مكونات الشدة المنزلقة - شكل (١) .



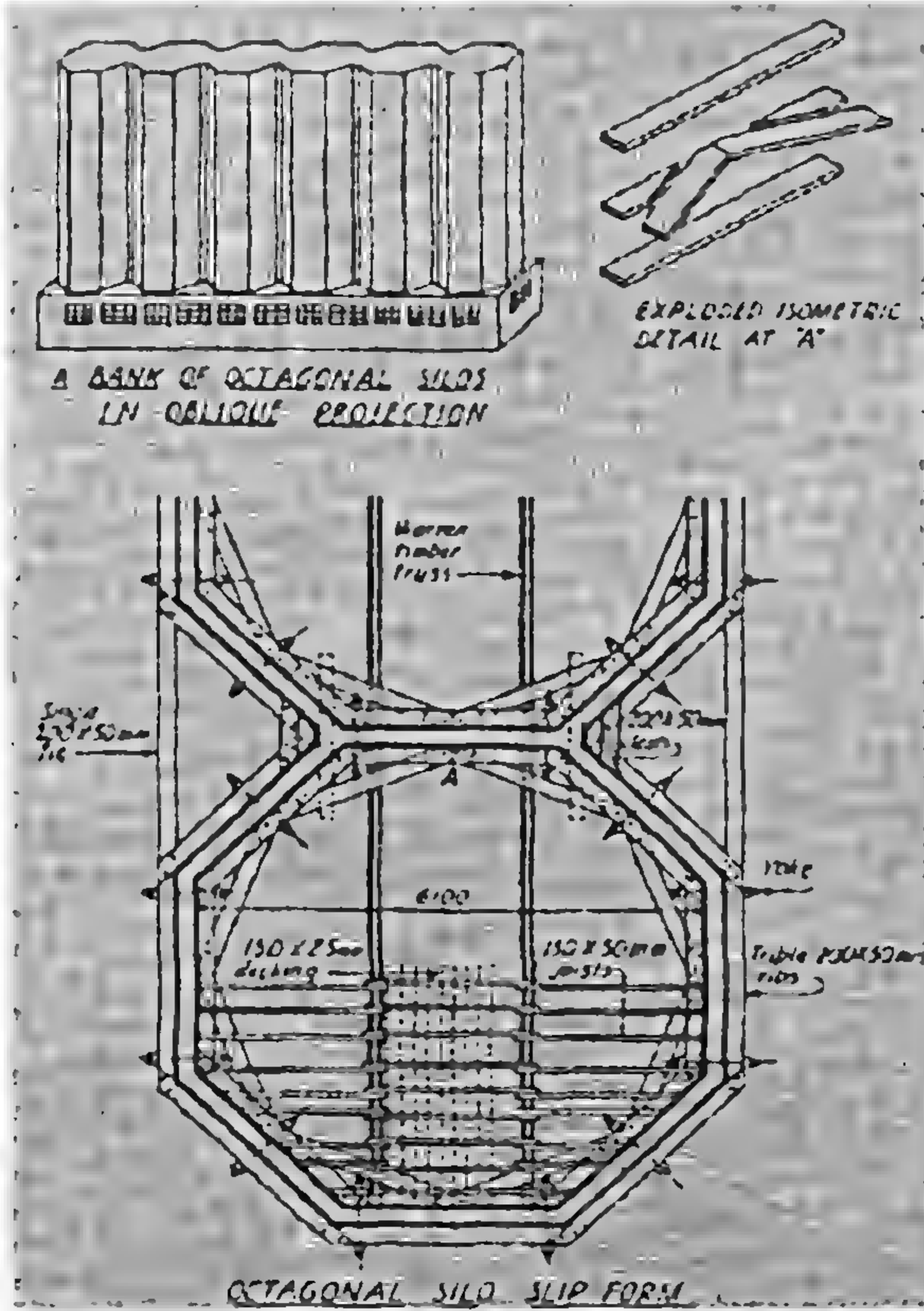
شكل (١) مكونات الشدة المنزلقة وطريقة عملها

نظام الإنشاء :

تعتمد فكره هذا النظام علي استمرارية صب الخرسانة المتواصل داخل شدات متحركة إلى أعلى تأخذ شكل قطاع الخرسانة المطلوب صبها . يستمر الصب بشكل متواصل بدون توقف حتى الانتهاء بالكامل من القطاع المطلوب . ويرتبط معدل تحرك الشدة إلى أعلى بالحد الذي يمكن للخرسانة التي يتم صبها أن تتصلد و إلى الحد الذي يمكنها من أن تحافظ علي شكلها تحت ثقل وزنها ووزن الطبقات الخرسانية التالية . تكون الشدة بارتفاع ١,٢ - ٢ متر . ويراعي لكي يكون هناك سهولة في انزلاق الشدة و أن يتم تخليق ميل في قطاعها - مفتوح إلى أسفل بميل ٨ : ١ إلى ٣٢ : ١ .



مكونات الشدة المنزلقة وطريقة عملها شكل (١) تفاصيل الشدة المنزلقة

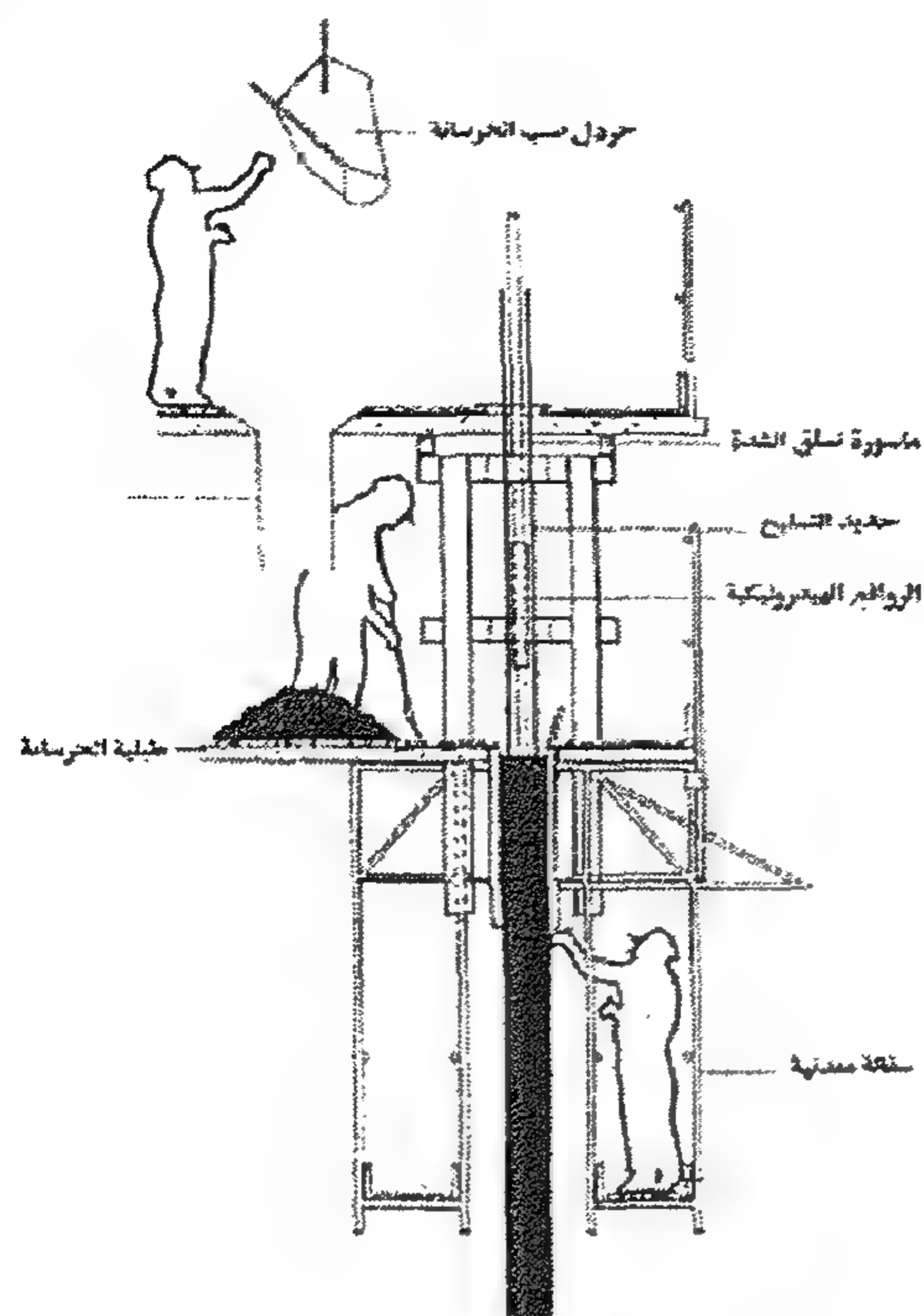


تابع شكل (١) نماذج الشدة المنزلقة - قطاع مثنى لأحد صوامع الغلال

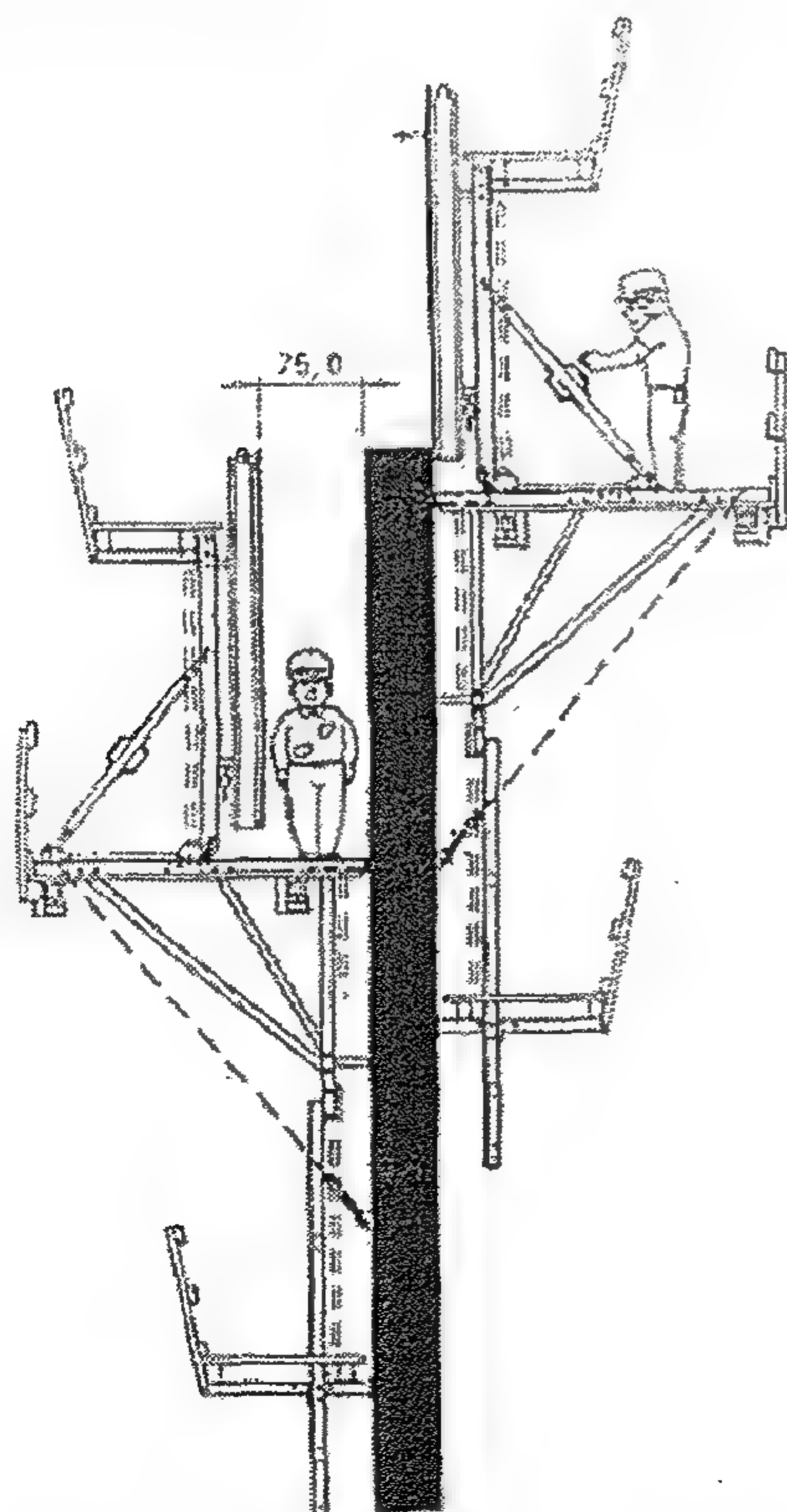
يتكون جسم الشدة من :

- ١ - أربطة أو دعامات أفقية (Wales) - تكون من مراين خشبية أو كمرات حديدية يمكنها مقاومة ضغط الخرسانة أثناء الصب .
- ٢ - ألواح صاج ذات سمك مناسب مثبتة M مع الأربطة من الداخل لتشكيل جوانب الشدة وتسمى (Shutter).
- ٣ - يوجد جانب بارز من الشدة - أعلي من منسوب مستوي الخرسانة كمانع لسيلان أي مواد منها .
- ٤ - يوجد مساعدين جانبيين (Yoke) مثبتين علي الدعامات الأفقية لحفظ الشدة من التفكك. والمساعدين مرتبطين بروافع الشدة التي تقوم برفع الشدة إلى أعلي.
- ٥ - توجد سقالة (Scaffold Frame) عليها ٢ منصة عمل - علي الأقل - أحدهما علوية (Working Platform) والأخرى أسفل السقالة السابقة .
- ٦ - القضبان الرأسية Climbing Rods : وهي مصنوعة من قطاع حديدي مستدير قطره ٢,٥ - ٥ سم حسب حجم الشدة . يتم الرفع إلى أعلي بواسطة روافع تعمل كهربائيا أو هيدروليكيًا . يتم تثبيت القضبان الرئيسية في جسم الخرسانة ، وتغلف بأنبوبة معدنية طولها ٩٠ - ١٠٠ سم متصلة بالروافع ، وتتحرك رأسيا وتمنع التصاق الخرسانة مع محور الحركة - شكل (٢) .

الباب الحادي والعشرون : الشدات المسلحة المنزلقة

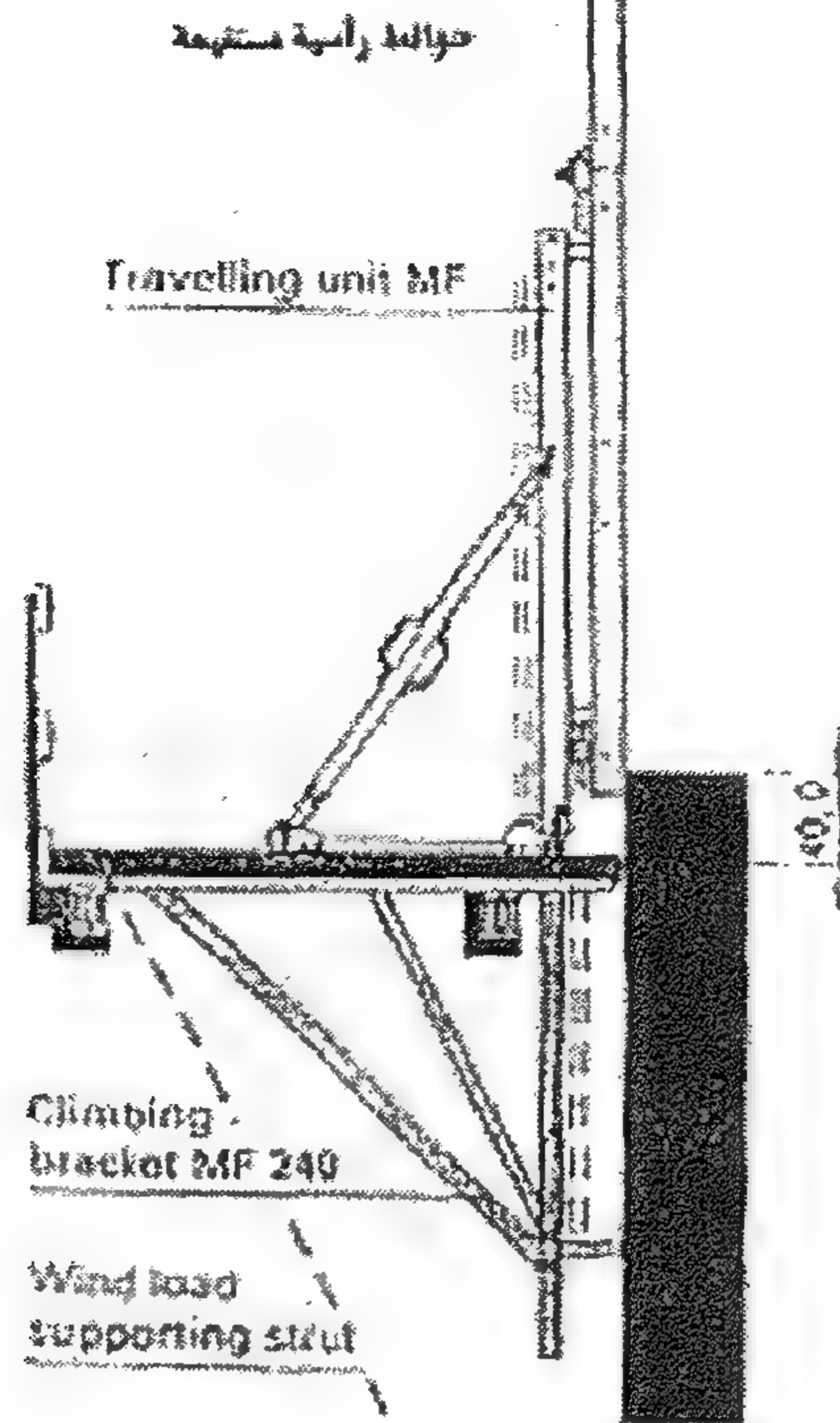


شكل (٢) تفاصيل الشدة المنزلقة وصب الخرسانات بها



تابع شكل (٢) تفاصيل الشدة المنزلقة

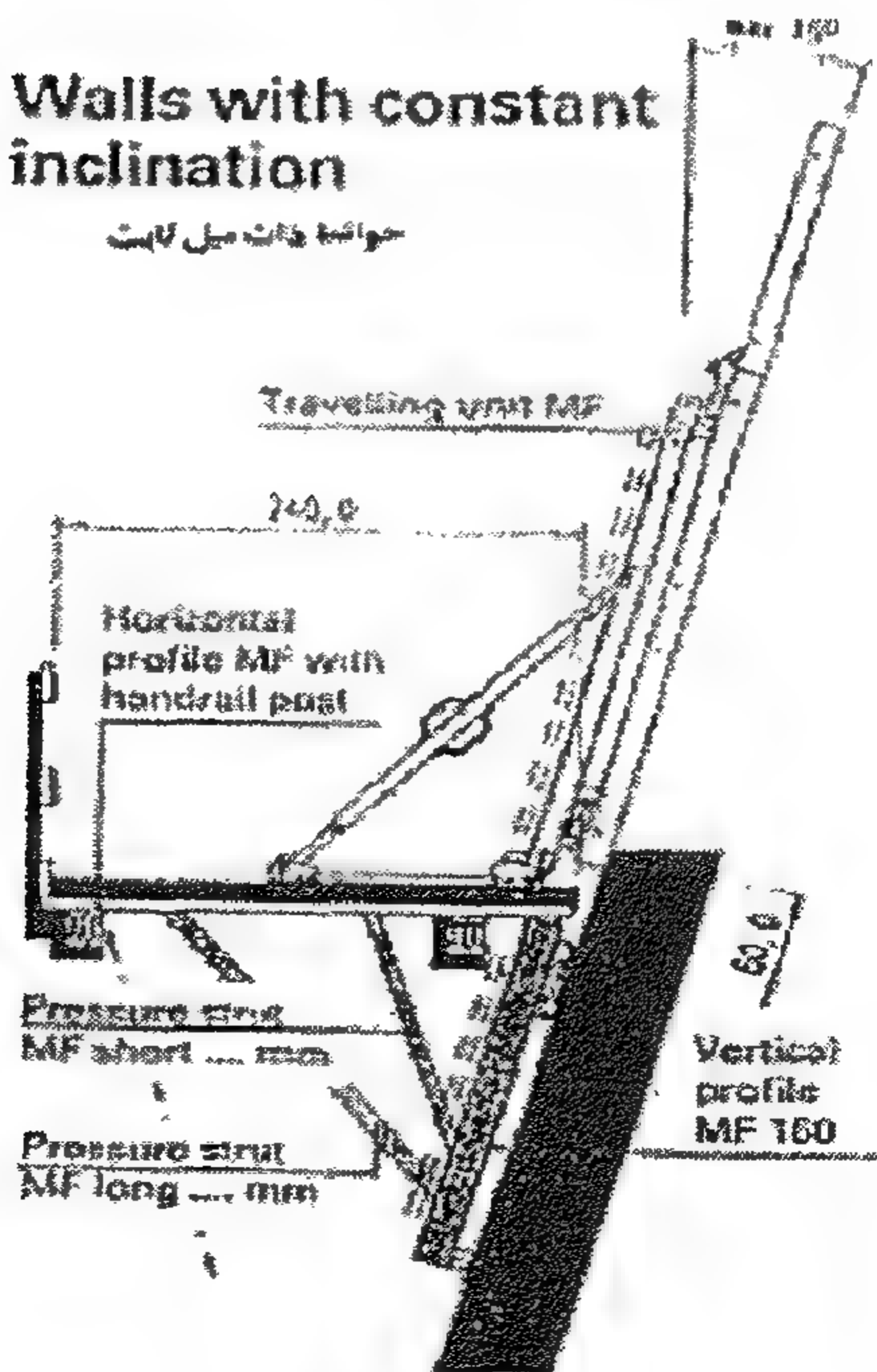
Straight walls



حوائط رأسية مستقيمة

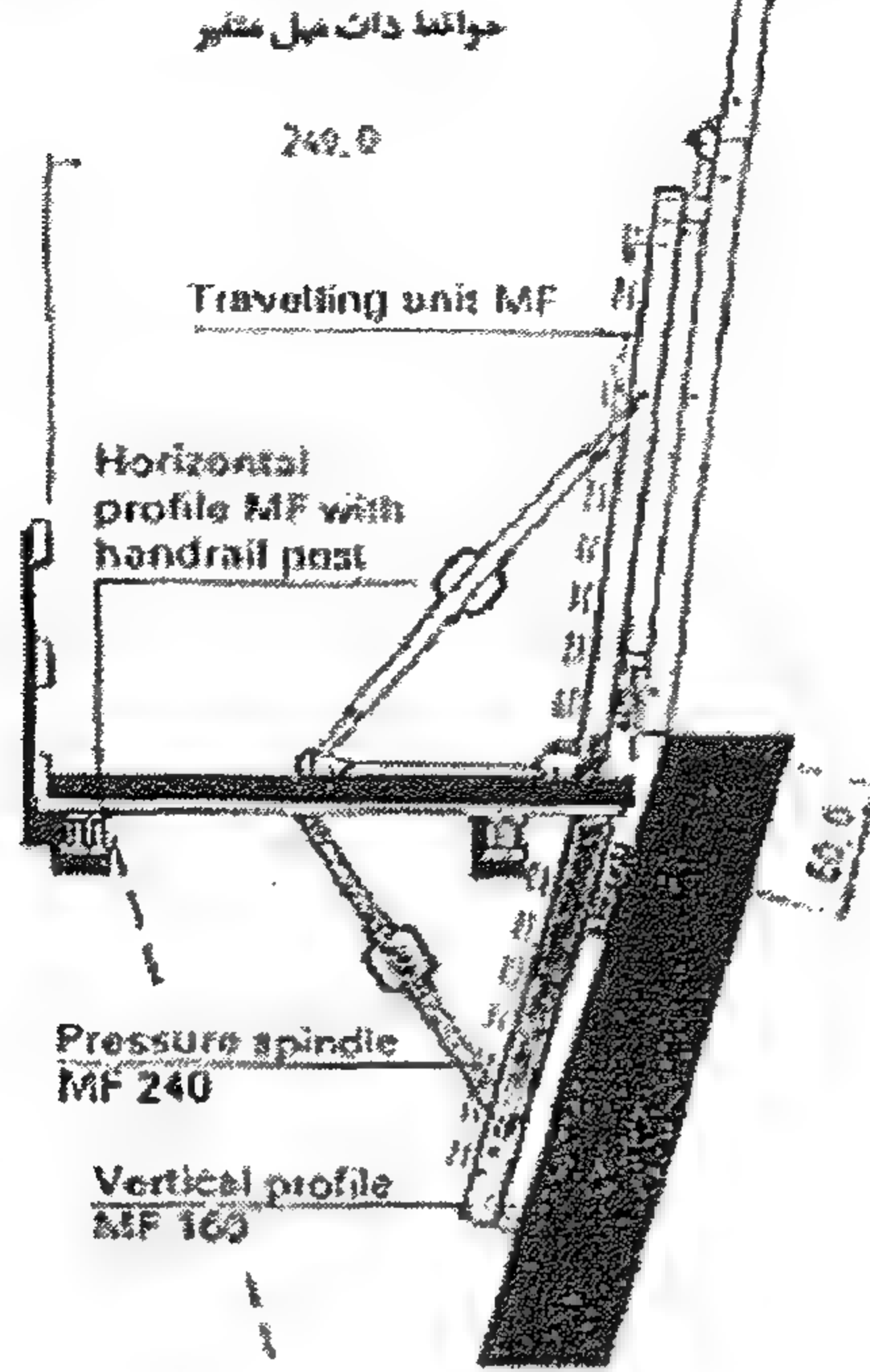
Walls with constant inclination

حوائط ذات ميل ثابت



حوائط ذات ميل ثابت

Walls with varied inclinations



تابع شكل (٢) تفاصيل الشدة المنزلقة في حالة تغير ميل الحائط

طريقة العمل:

- ١ - تركيب الشدة المنزلقة في المكان المحدد وبالقطاع المطلوب .
- ٢ - يبدأ الصب في الجزء المحصور داخل الشدة ، ثم تبدأ عملية الرفع بمعدل ١٥ سم - ٣٠ سم / الساعة . يتوقف معدل انزلاق الشدة علي زمن شك الخرسانة والذي يرتبط بدوره علي درجة الحرارة . تضاف بعض الإضافات إلى الخرسانة للمساعدة علي سرعة الشك .

ملاحظات هامة :

- ١ - يراعي الدقة في معدل رفع الشدة . فإذا رفعت الشدة بمعدل أسرع من اللازم، سقطت الخرسانة عندما تتركها الشدة ، حيث تكون غير كاملة التصاد . أما إذا قل معدل رفع الشدة ، أدى ذلك إلى أن تتفصل الخرسانة المصبوبة حديثاً عن الجزء الأسفل القديم .

٢ - في بعض الحالات ، وعند انخفاض درجة الحرارة ، يستخدم نظام تدفئة أما بواسطة الأنابيب أو وحدات نظام منفصلة للتدفئة . وفي كل الأحوال ، يجب مراعاة توازن درجة الحرارة علي كافة الأسطح الداخلية حتى لا يؤدي ذلك لتشققات داخل الخرسانة .

طريقه العمل :

- ١ - تركيب الشدة المنزلقة في المكان المحدد وبالقطاع المطلوب .
- ٢ - يبدأ الصب في الجزء المحصور داخل الشدة ، ثم تبدأ عملية الرفع بمعدل ١٥ سم - ٣٠ سم / الساعة . يتوقف معدل انزلاق الشدة علي زمن شك الخرسانة والذي يرتبط بدوره علي درجة الحرارة . تضاف بعض الإضافات إلى الخرسانة للمساعدة علي سرعة الشك .

معدلات الأداء للشدات المنزلقة :

تخضع معدلات أداء الشدات المنزلقة إلى عدة عوامل أهمها :

- ١ - تأمين وصول الخرسانة اللازمة للصب طوال ٢٤ ساعة ، حيث يكون الصب متواصلاً مدة ٢٤ ساعة دون توقف . وكمثال علي ذلك ، فإن المكعب المطلوب لكل ١ متر من ارتفاع حامل خزان مياه عالي بقطر ٣ - ٦ متر غير المكعب المطلوب لصومعة قطرها ٢٠ - ٣٠ متر .
- ٢ - كثافة الحديد المطلوب تركيبه طوال فتره انزلاق الشدة ، والوقت اللازم لتركيبه .

٣ - وجود فتحات وحلوق وأجزاء معدنية مدفونة بجسم المنشأ ، وهذا يؤدي إلى إبطاء معدل الرفع لإعطاء الفرصة لتركيب هذه الأجزاء أثناء الصب .

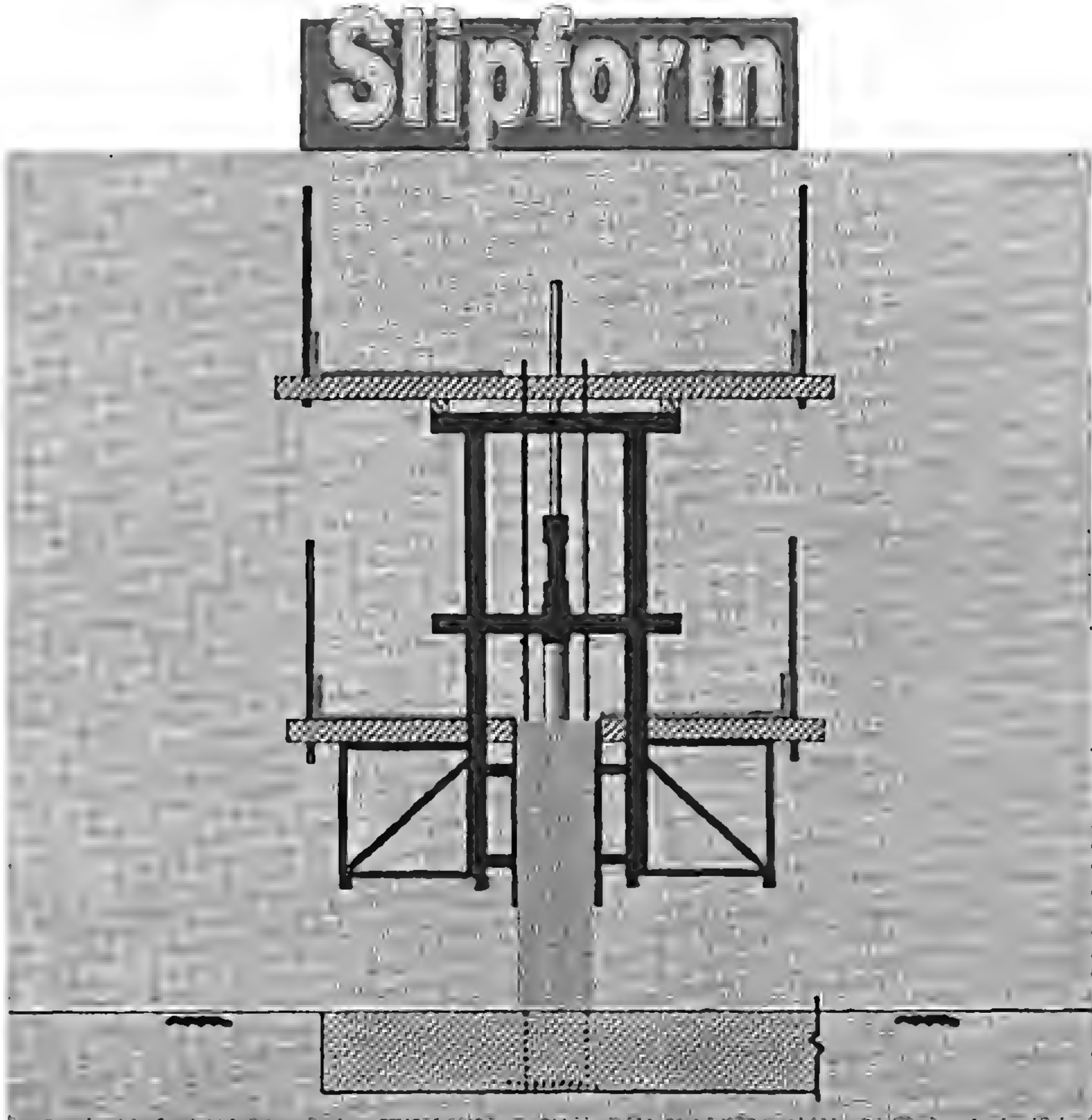
٤ - وجود كابلات سابقة الإجهاد كما هو موجود في صوامع الأسمنت والوقت الذي يستغرقه تركيب جراب هذه الكابلات

ومن واقع الممارسة العملية لمختلف المشاريع ، فإنه يمكن أن تكون المعدلات

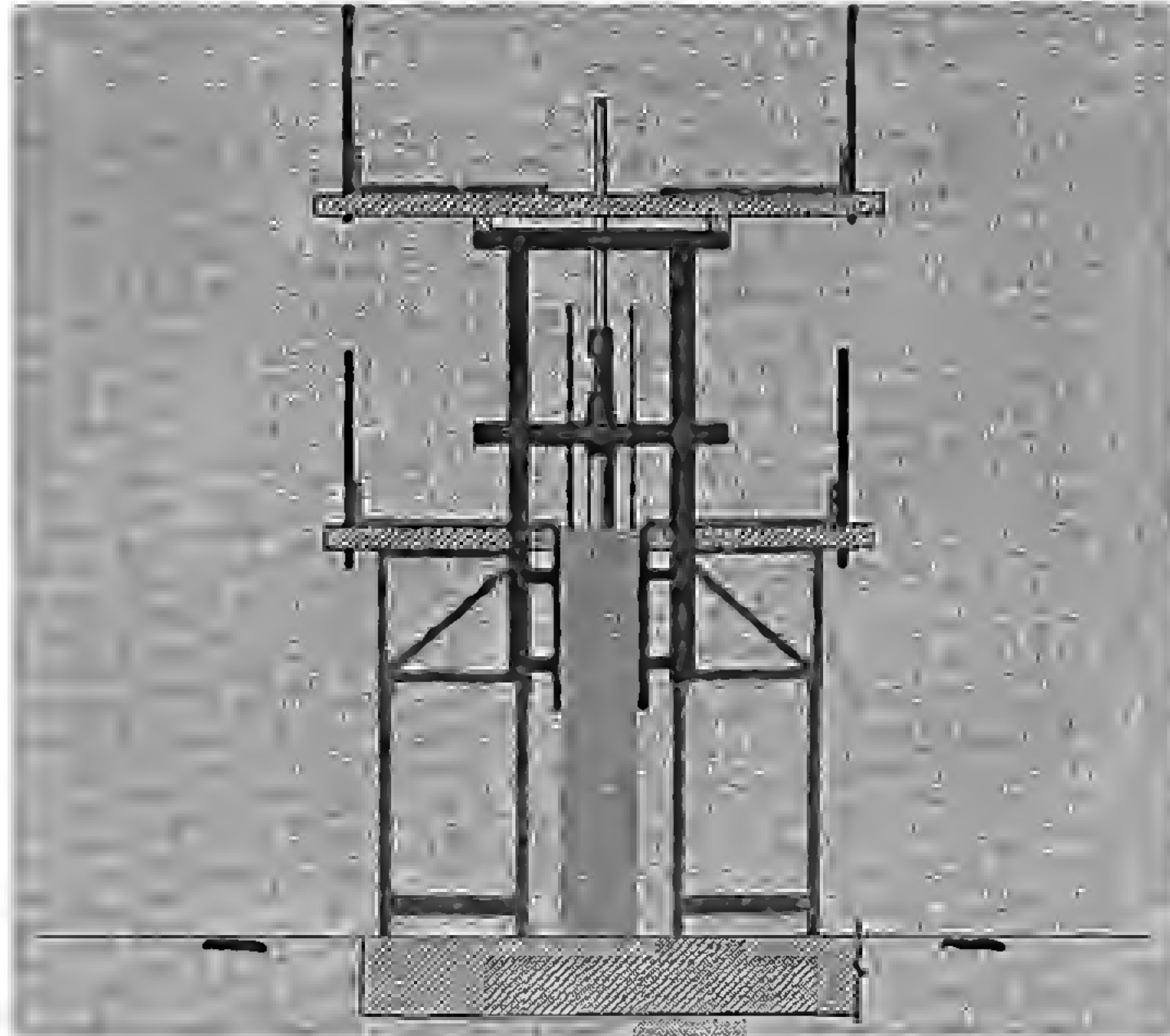
كمايلي :

- بالنسبة إلى الأقطار الصغيرة (٣-٧متر) ، يكون معدل الرفع اليومي (٢٤ ساعة) = ٧-٥ م.ط من ارتفاع المبني
- بالنسبة إلى الأقطار المتوسطة (٨-١٤متر) ، يكون معدل الرفع اليومي (٢٤ ساعة) = ٦ - ٤ م.ط من ارتفاع المبني
- بالنسبة إلى الأقطار الكبيرة (١٥-٣٠متر) ، يكن معدل الرفع اليومي (٢٤ ساعة) = ٤ - ٣ م.ط من ارتفاع المبني .

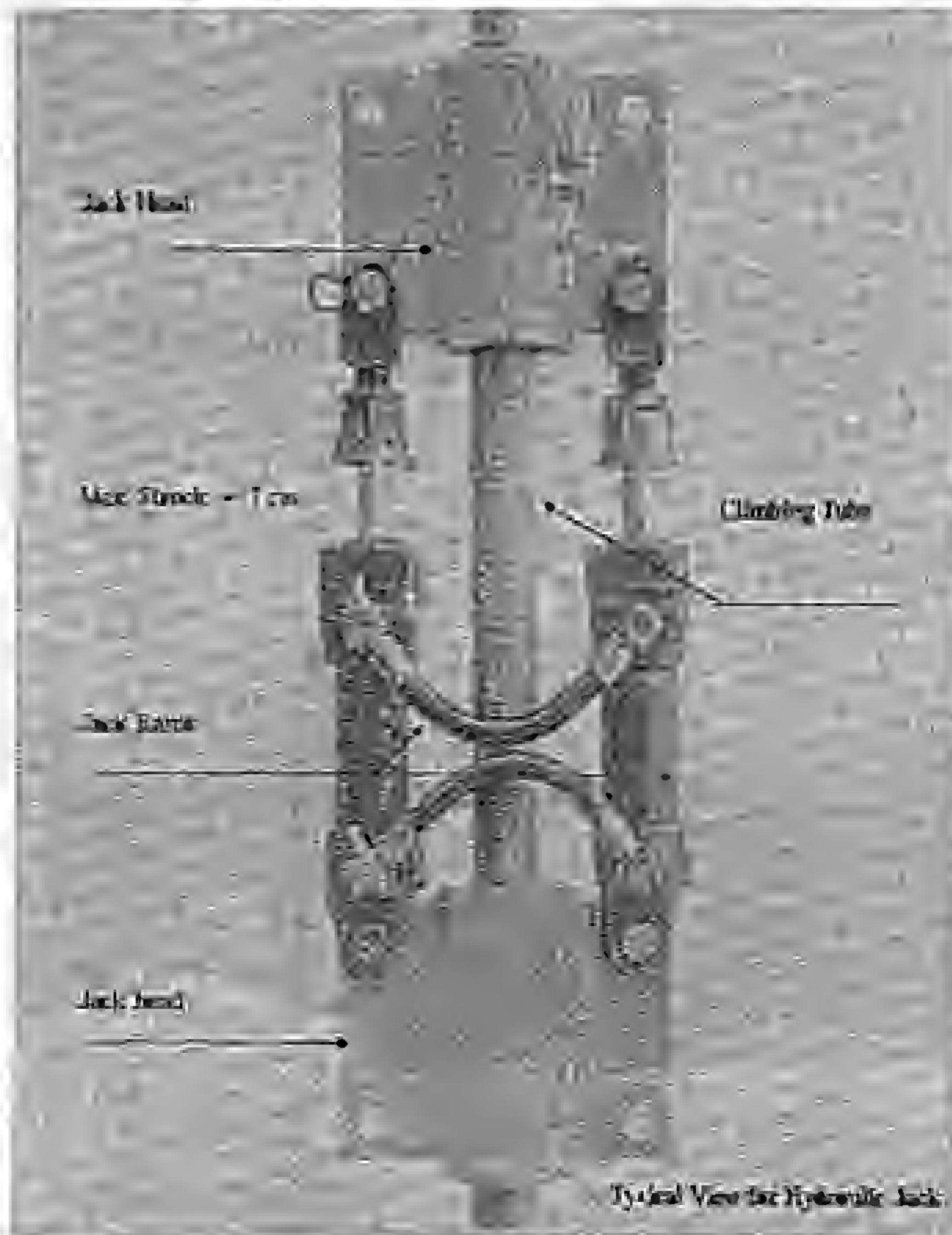
نماذج للمشروعات التي يستخدم بها الشدة المسلح المنزلقة



تركيب الشدة - تركيب الروافع الهيدروليكية - عمل سقائل معدنية - بدء صب الخرسانة المسلحة

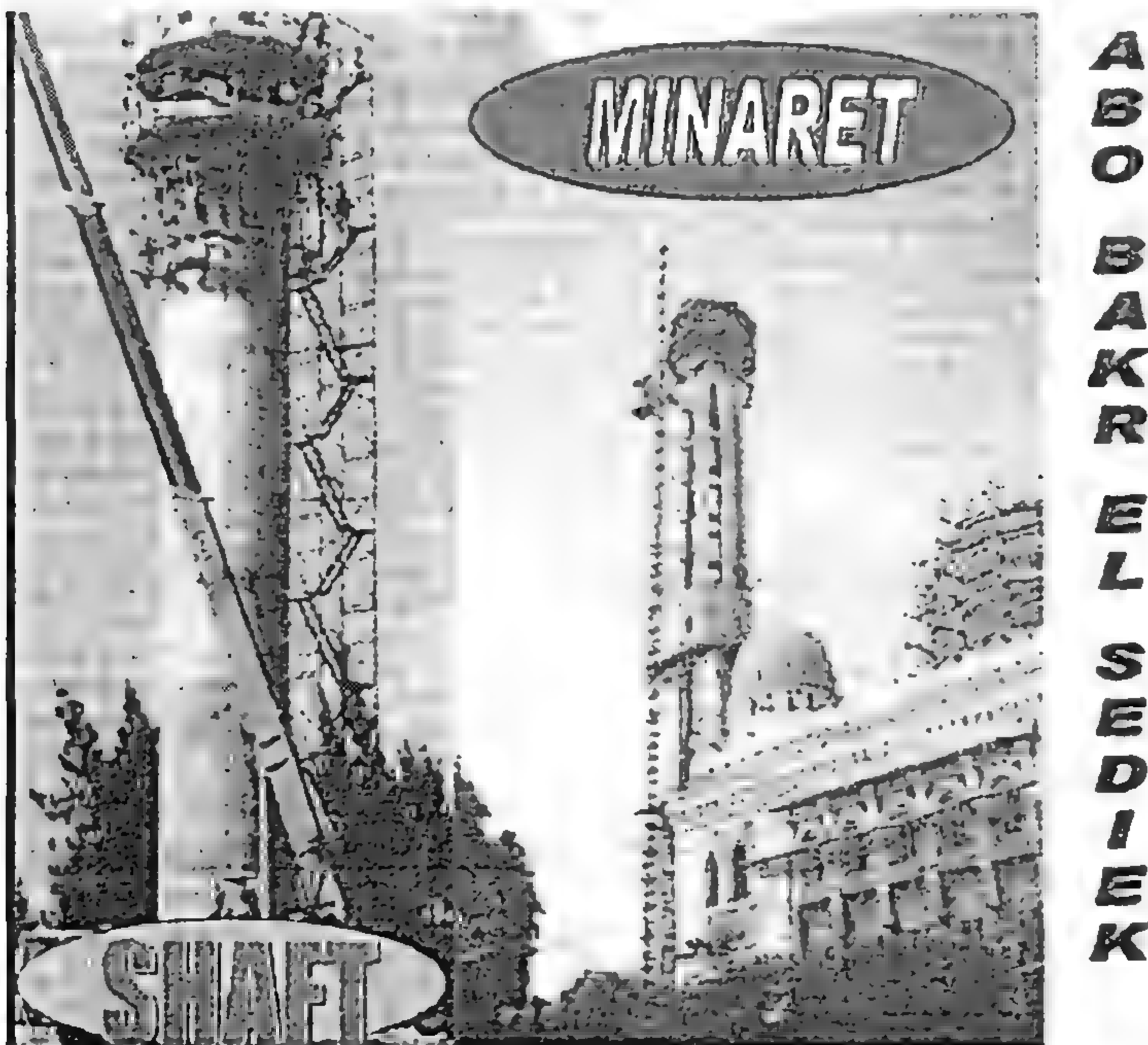
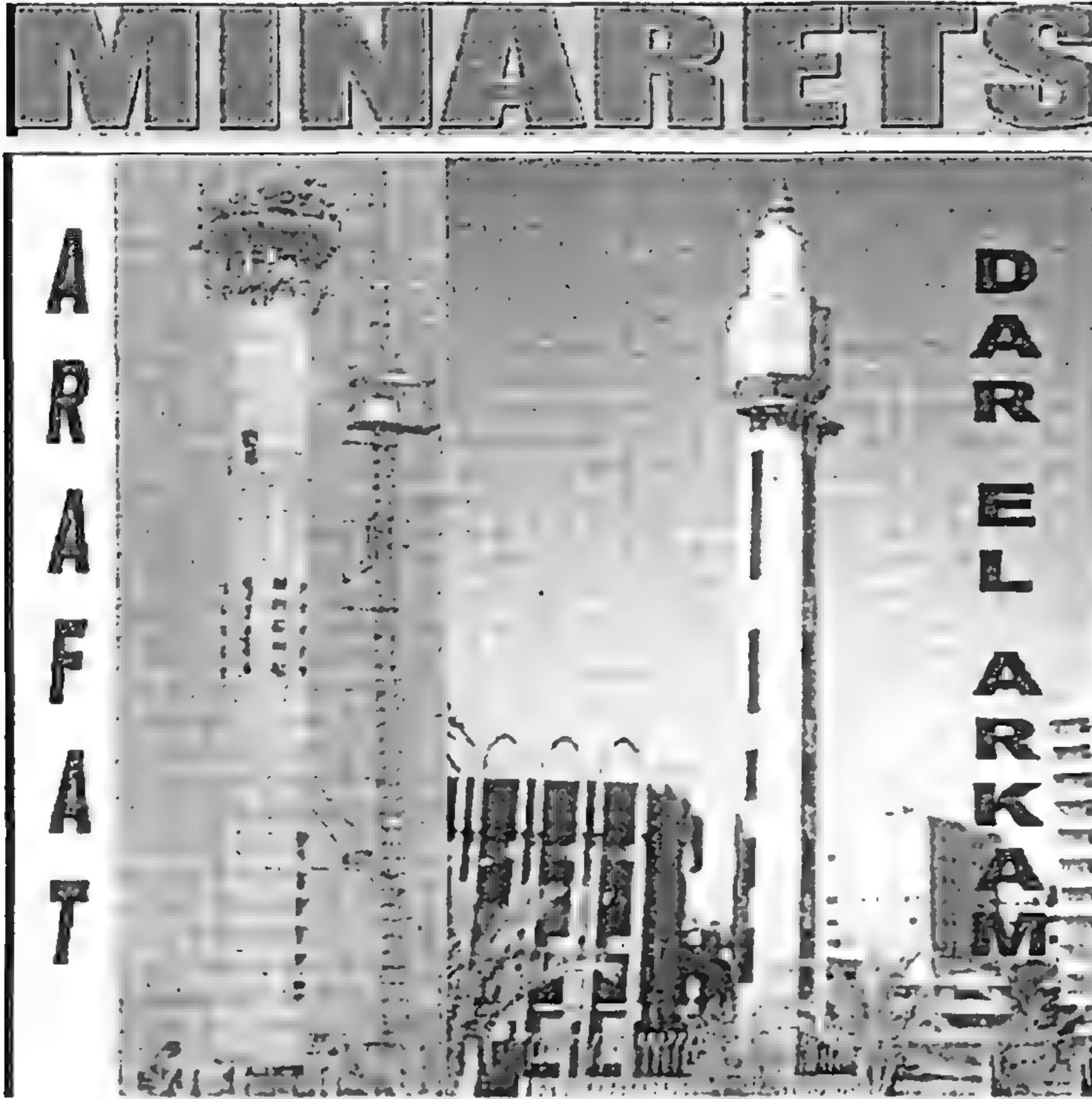


استمرار الصب مع أنزلاق الشدة إلى أعلى



شكل الرافعة الهيدروليكية

المآذن



الخرانات العالفة

NASR CITY ZHRAA 5000 M3 WATER TANK



S
O
M
A

G
U
L
F

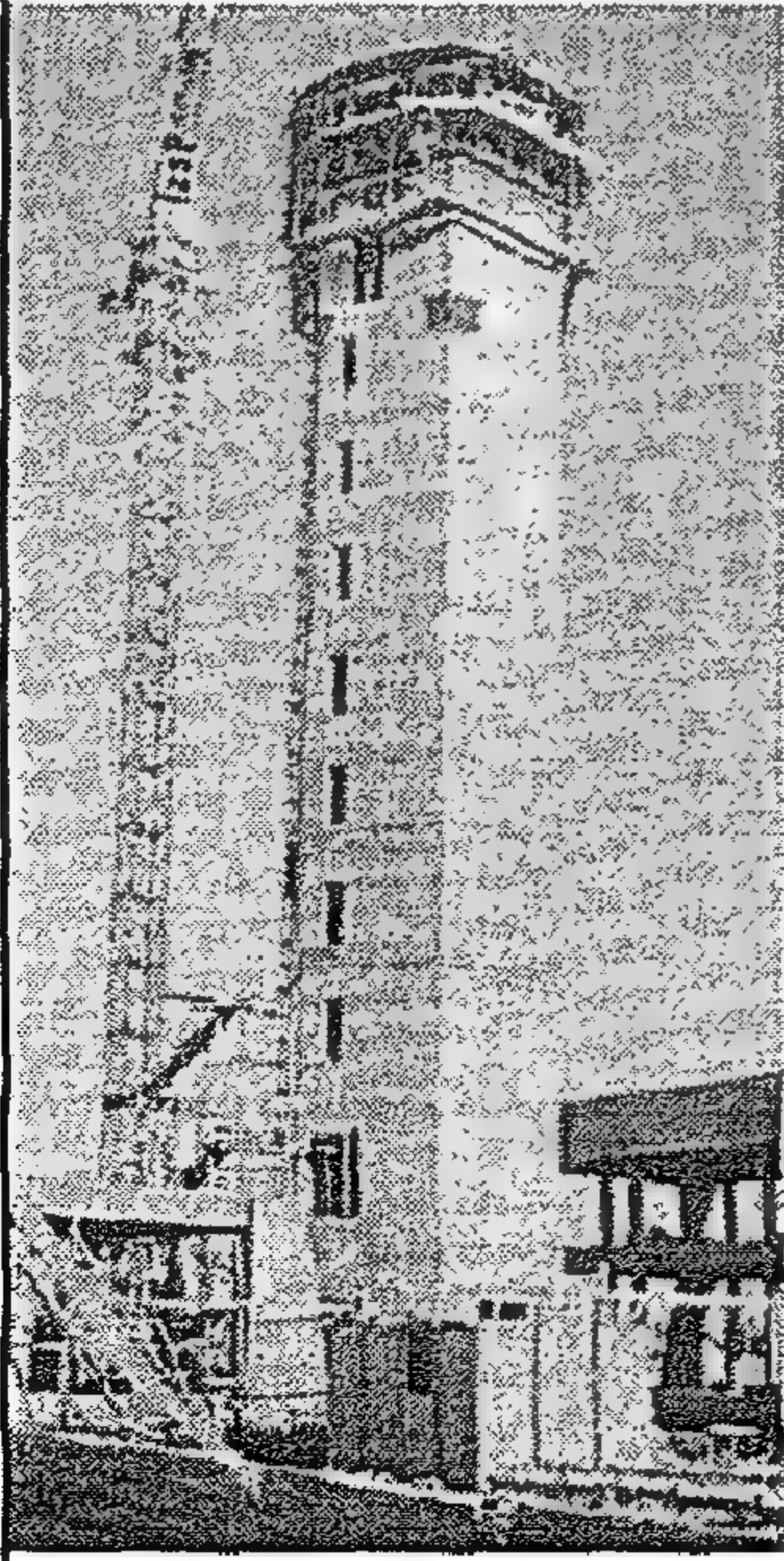


أبراج مراقبة الطيران

CONTROL TOWER



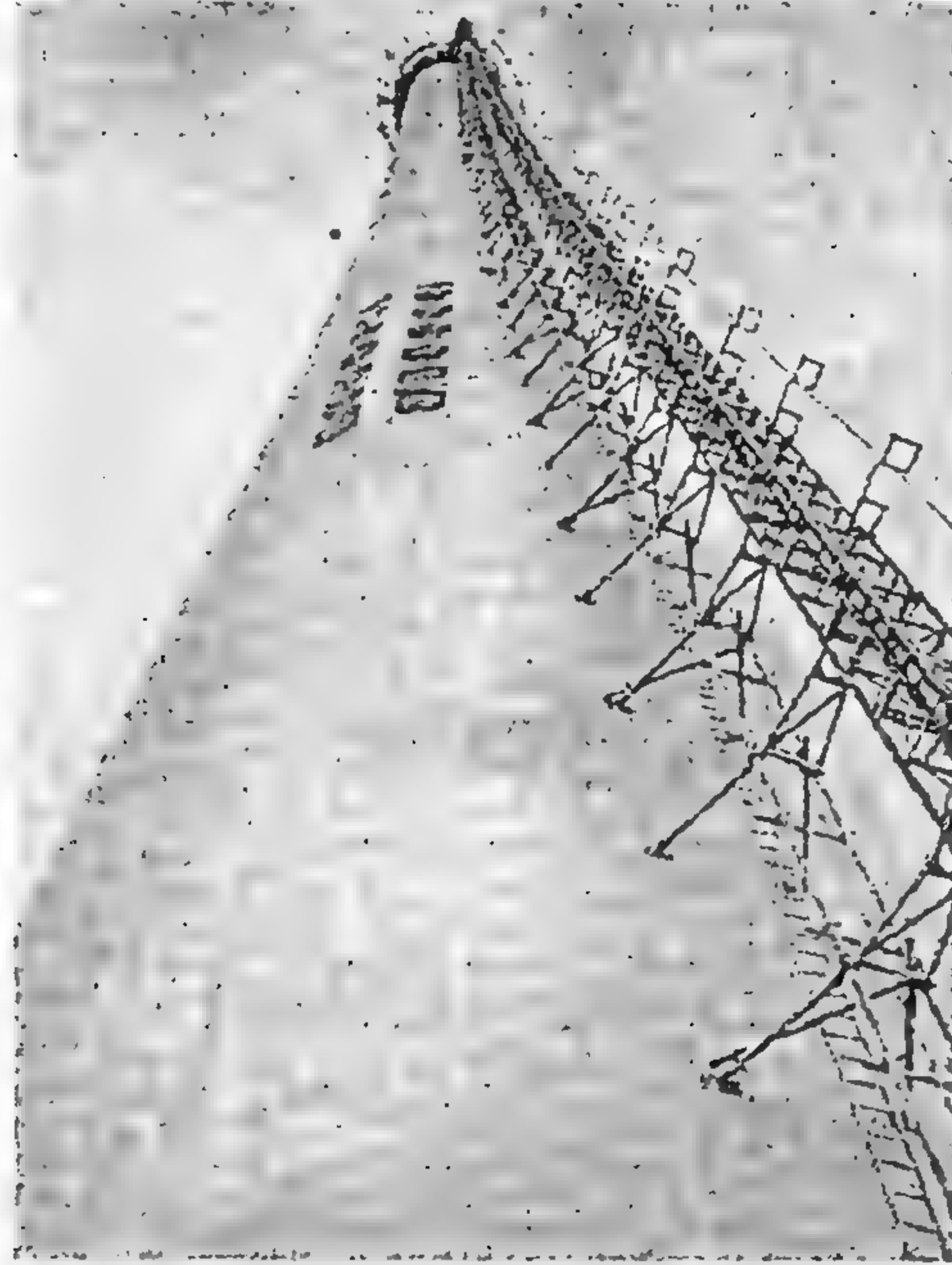
ASWAN AIRPORT



CONTROL TOWER

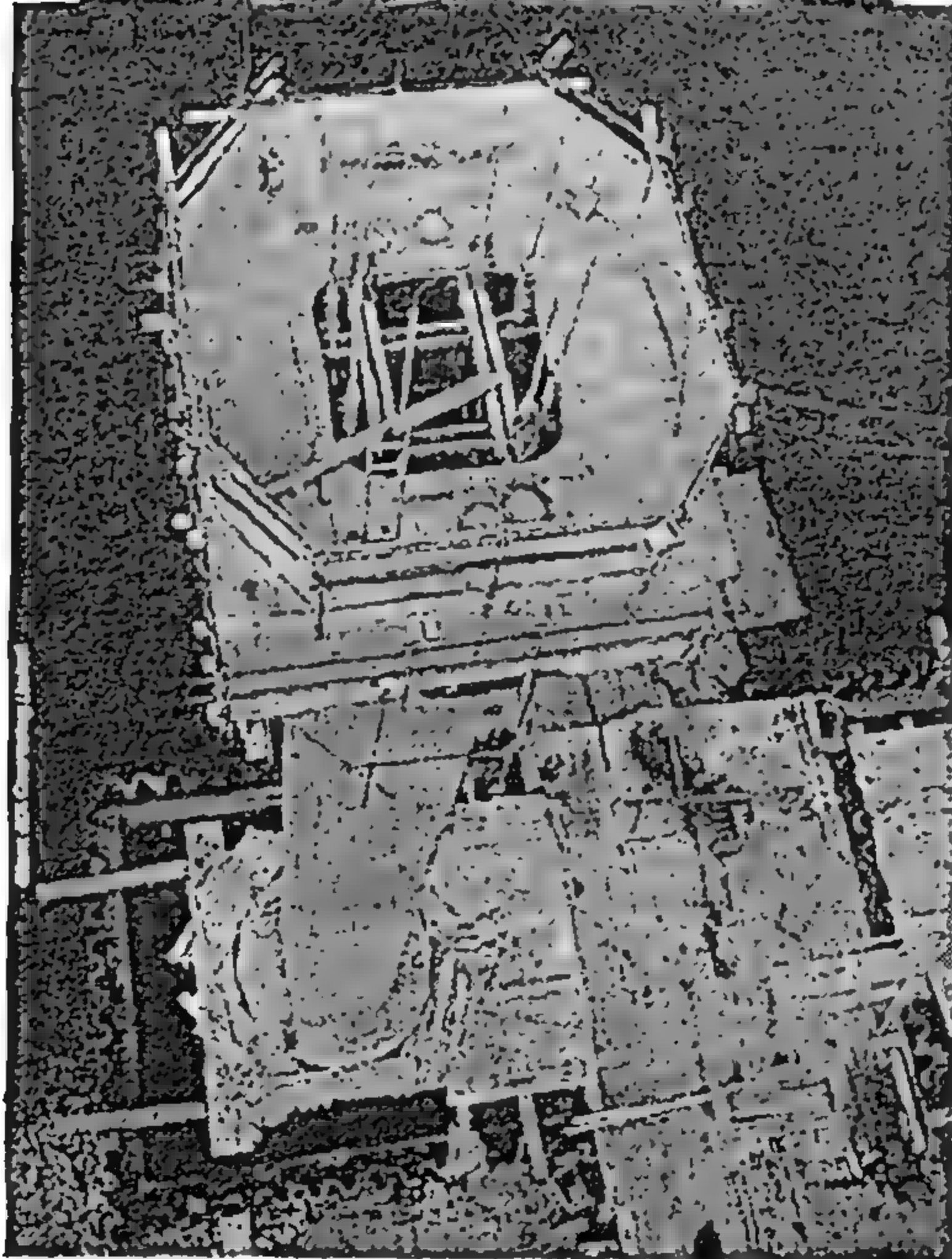
مداخل المصانع

Chimney

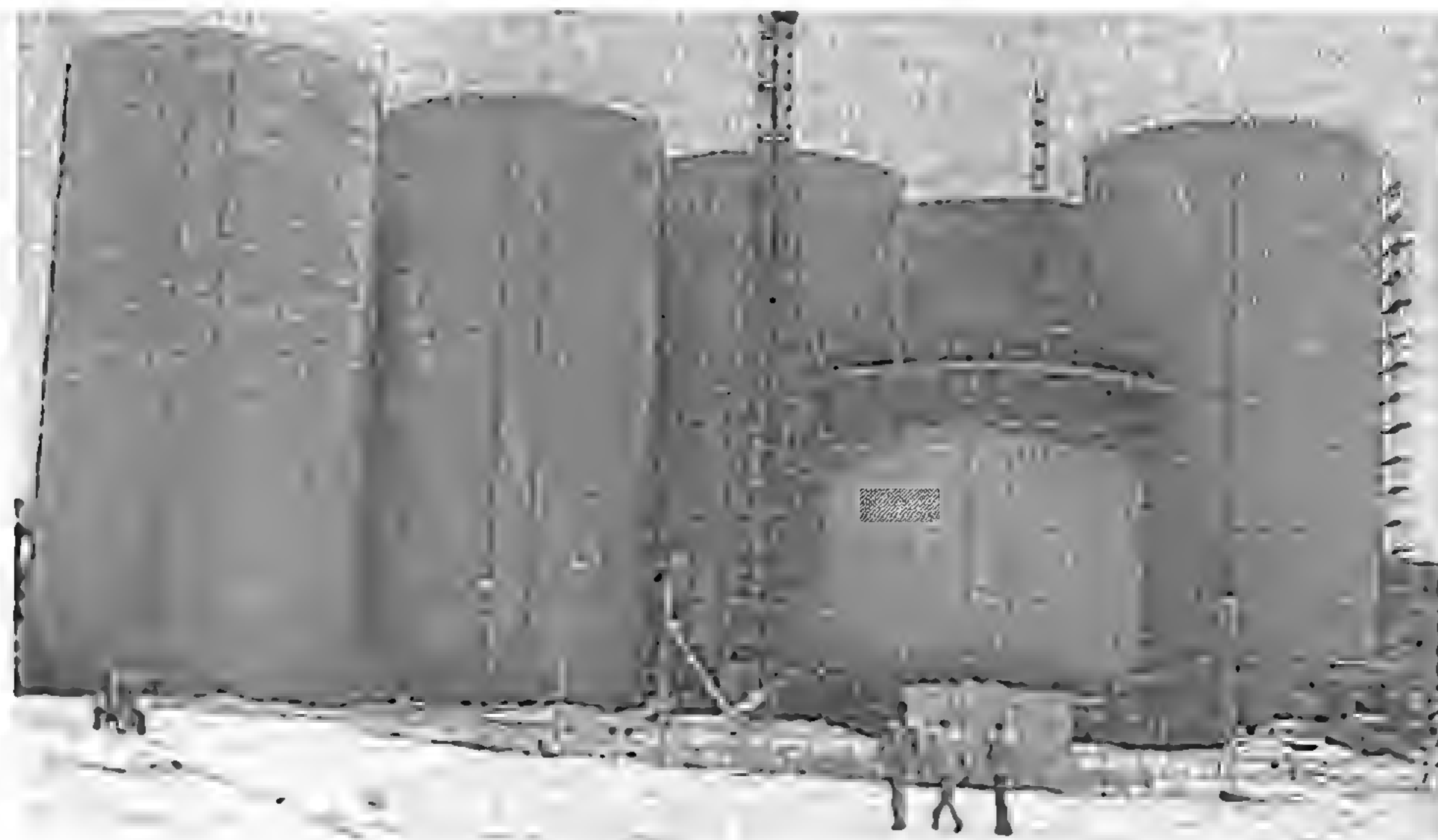


أرتكازات الكباري (البغلات)

Bridge piers



صوامع مصانع الأسمنت

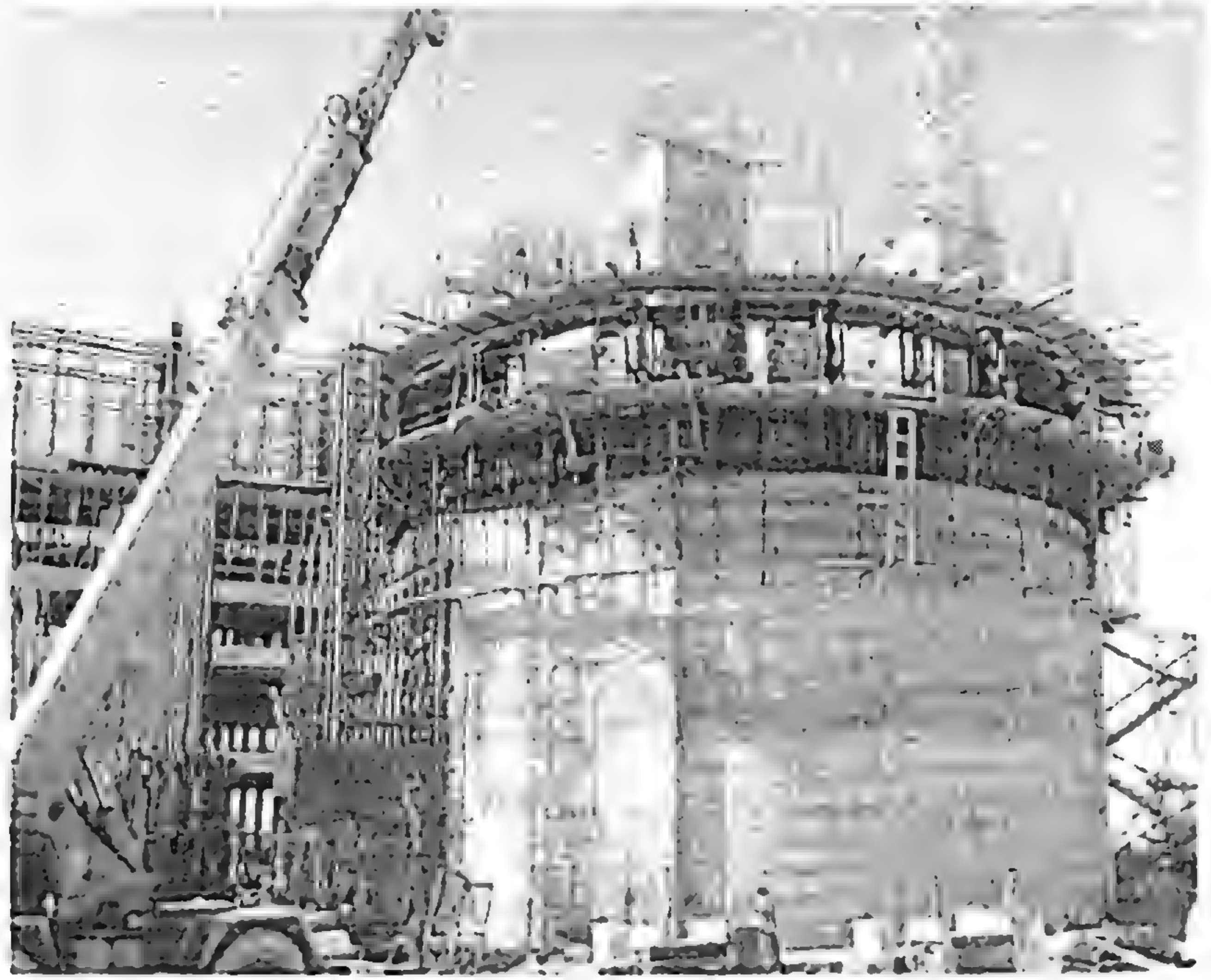


مصانع القومية للأسمنت

نماذج من مشروعات منفذة بطريقة الشدات المنزلقة :



أبراج دائرية



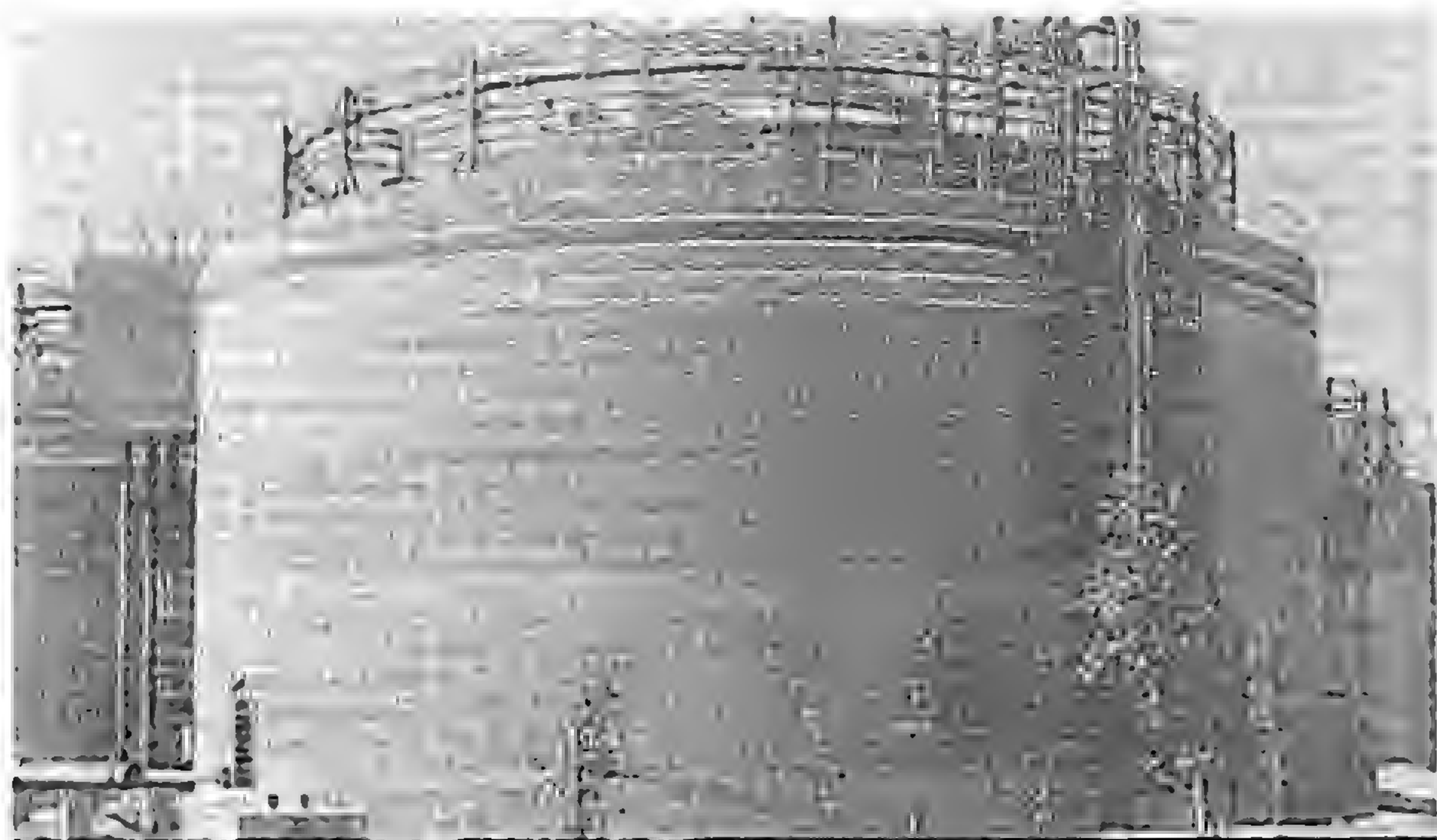
أنشاء صوامع الأسمنت بمدينة العريش

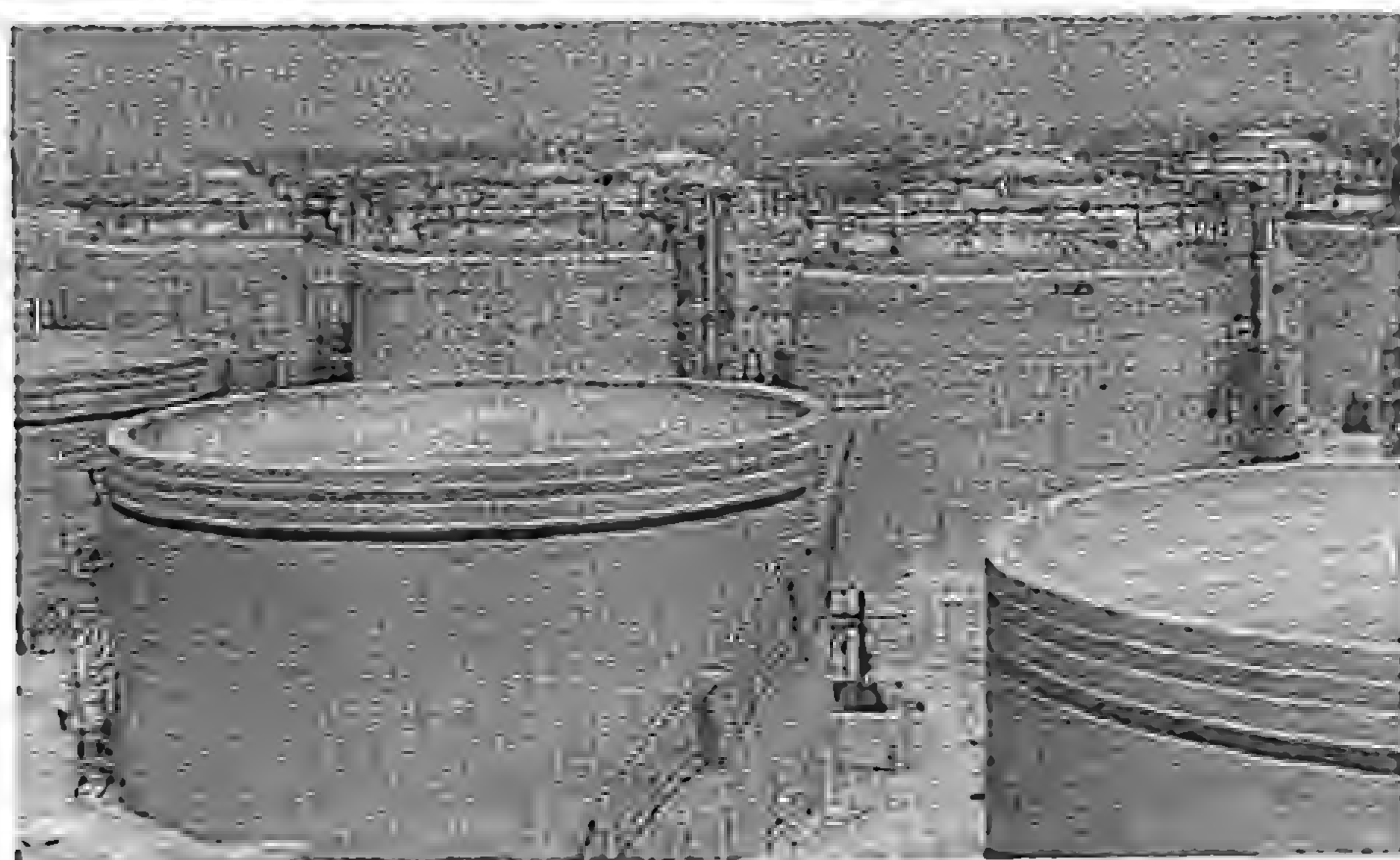


برج التحكم - مطار الأقصر



مصنع أسمنت بنى سويف - تنفيذ جسم الصومعة بالشدات المنزلفة - تنفيذ للسقف المخروطى بالرفع الثقيل





محطة تنقية مجاري النيل الأصفر - القاهرة

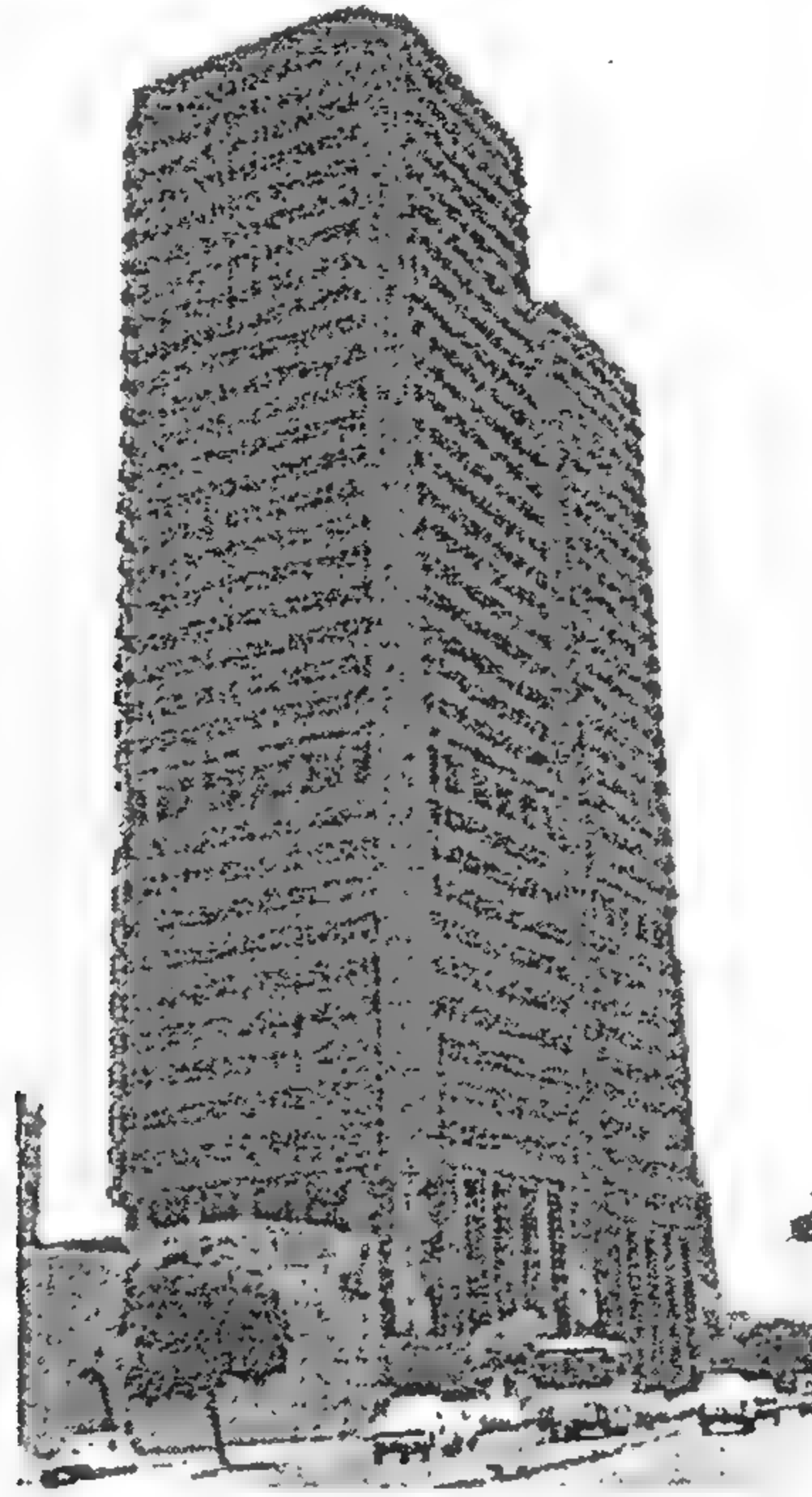




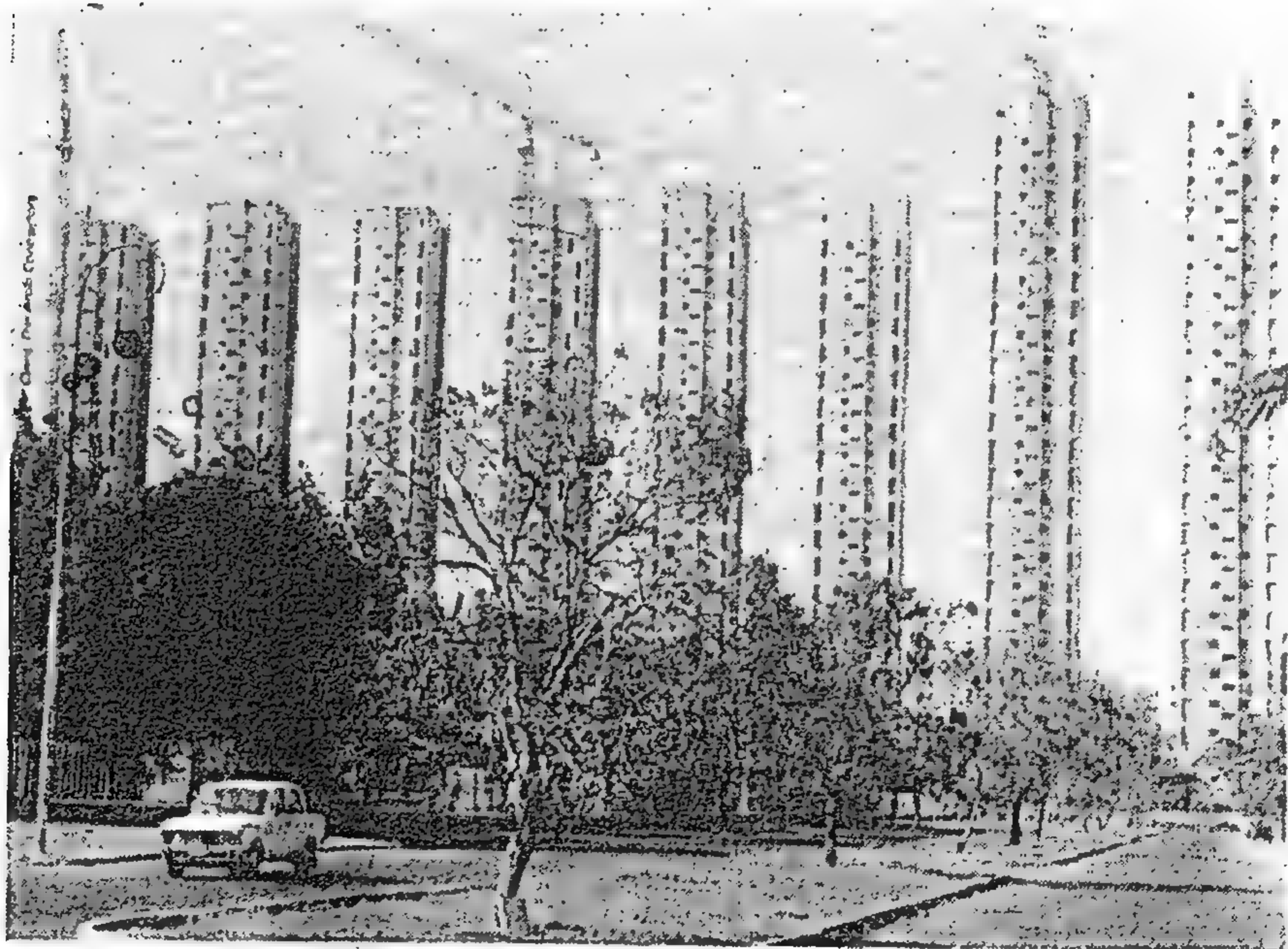
تم تنفيذ القلب الخرساني بواسطة الشدات المنزلقة و تنفيذ الأسقف بواسطة نظام الأسقف المرفوعة

مبنى البنك الأهلي - كايرو بلازا





القلب الداخلي CORE لأبراج الأسكان - مشروع الميريلاند



CENTRAL CORE MERILAND HOUSING

MERYLAND HOUSING

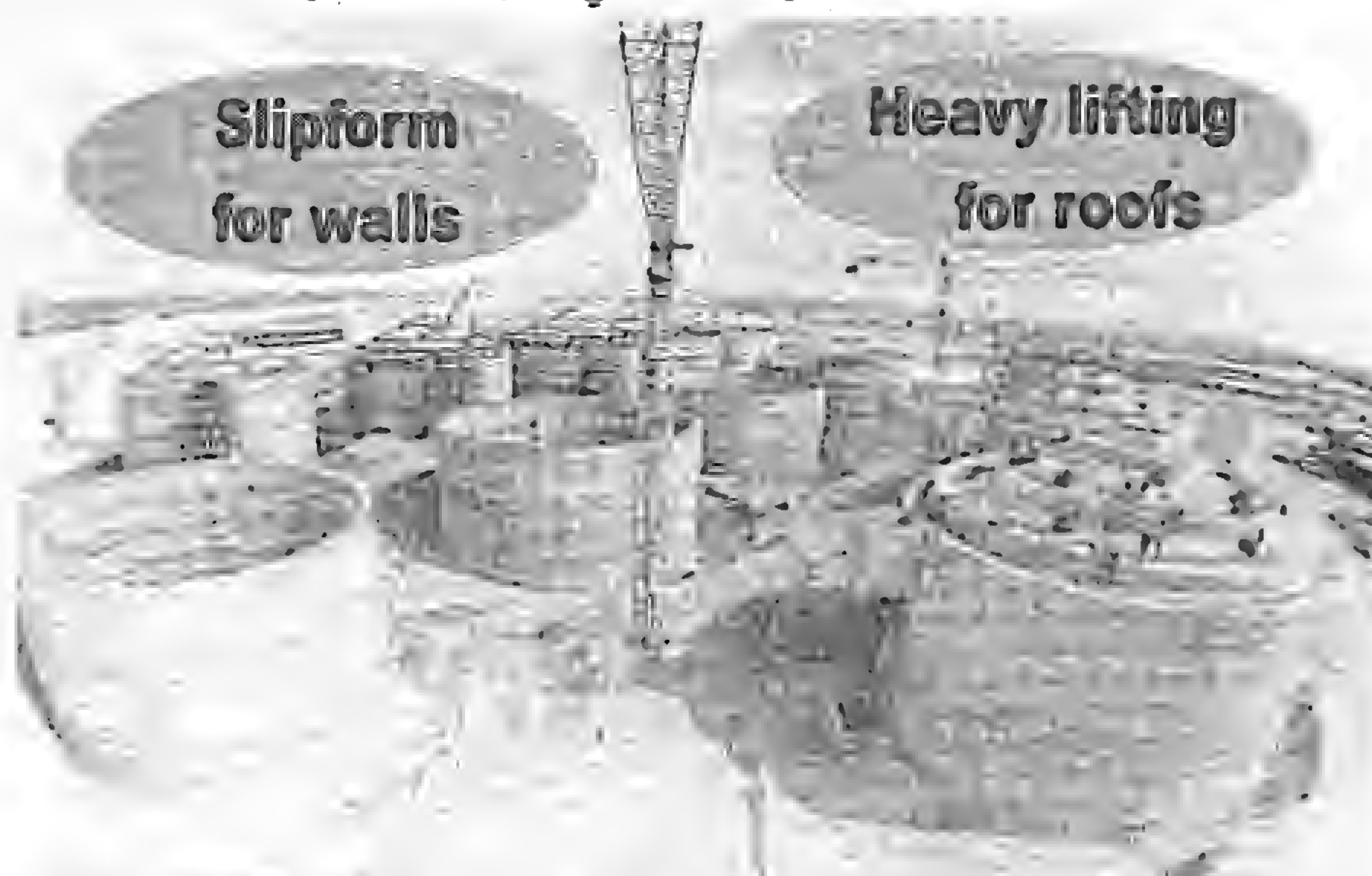


عمارات الميريلاند

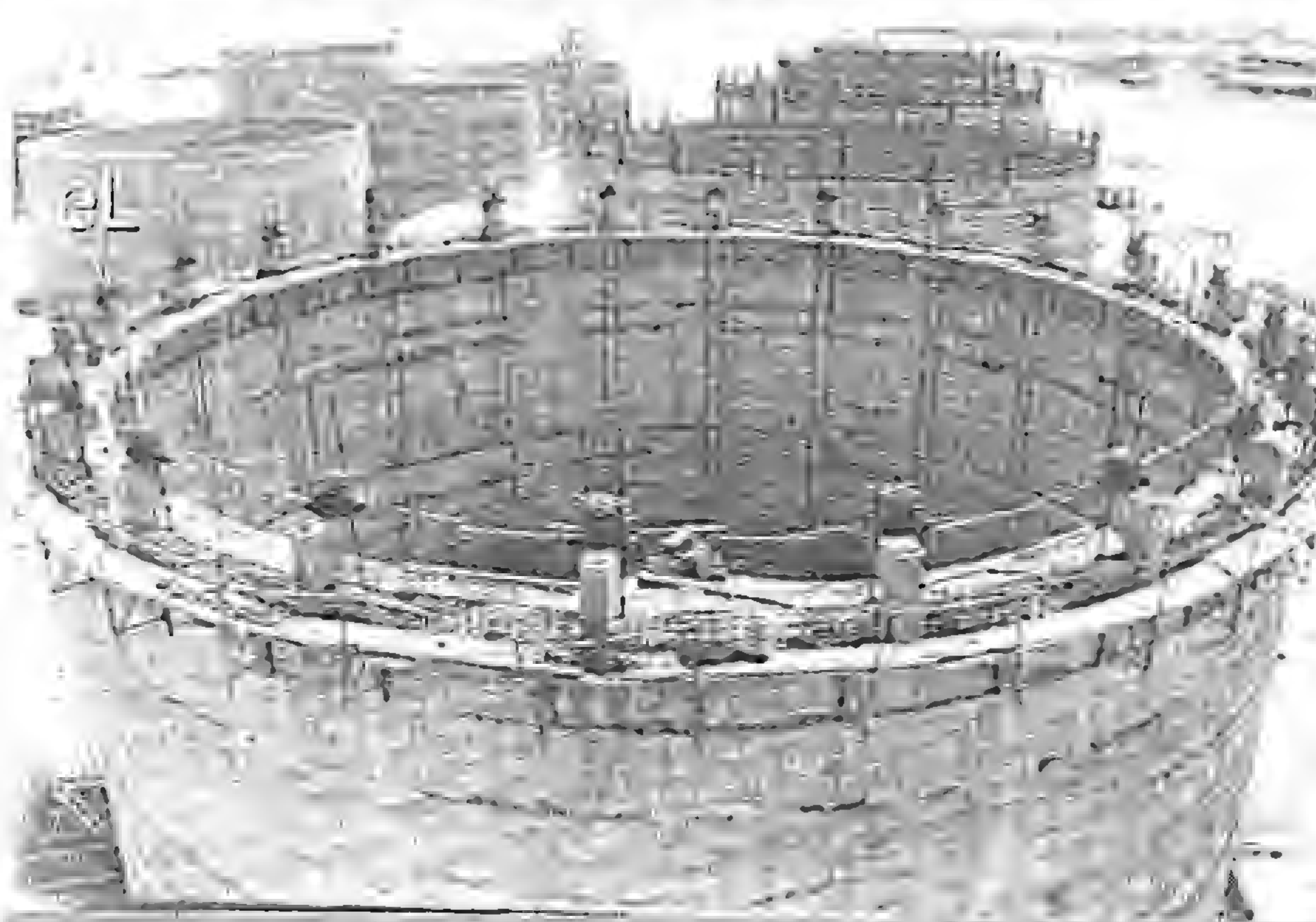


مشروع مساكن العبور

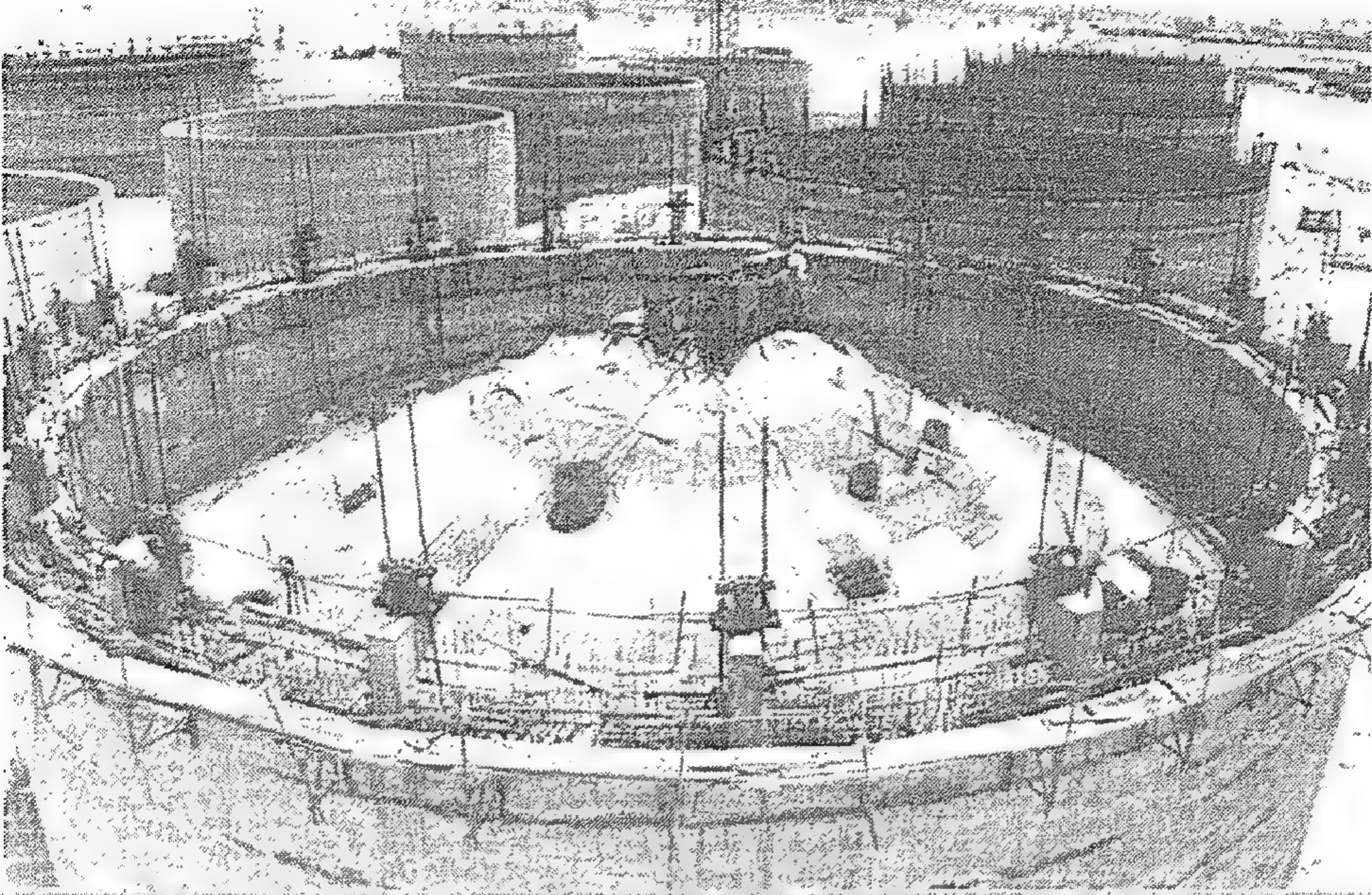
محطة تنقية الصرف الصحي بالجبل الأصفر



El-Gabal El-Asfer Sewage Treatment plant



El - Gabal El - Asfer Sewage Treatment Plant



The conical roof during lifting

محطة التنقية بالجبلى الأصفر - القاهرة

منشأ بطريقة الشدات المنزلقة لجسم الخزان ونظام الرفع الثقيل لرفع الغطاء الخرساني العلوي

المراجع

- ١ - الشركة المصرية لتطوير صناعة البناء (ليفيت سلاب مصر)
المهندس أسامة الجرف - المهندس حسن أبراهيم .
- ٢ - معهد التدريب في شركة المقاولون العرب .

6

الإنشاءات المنمّيزة

الرفف الثقيل



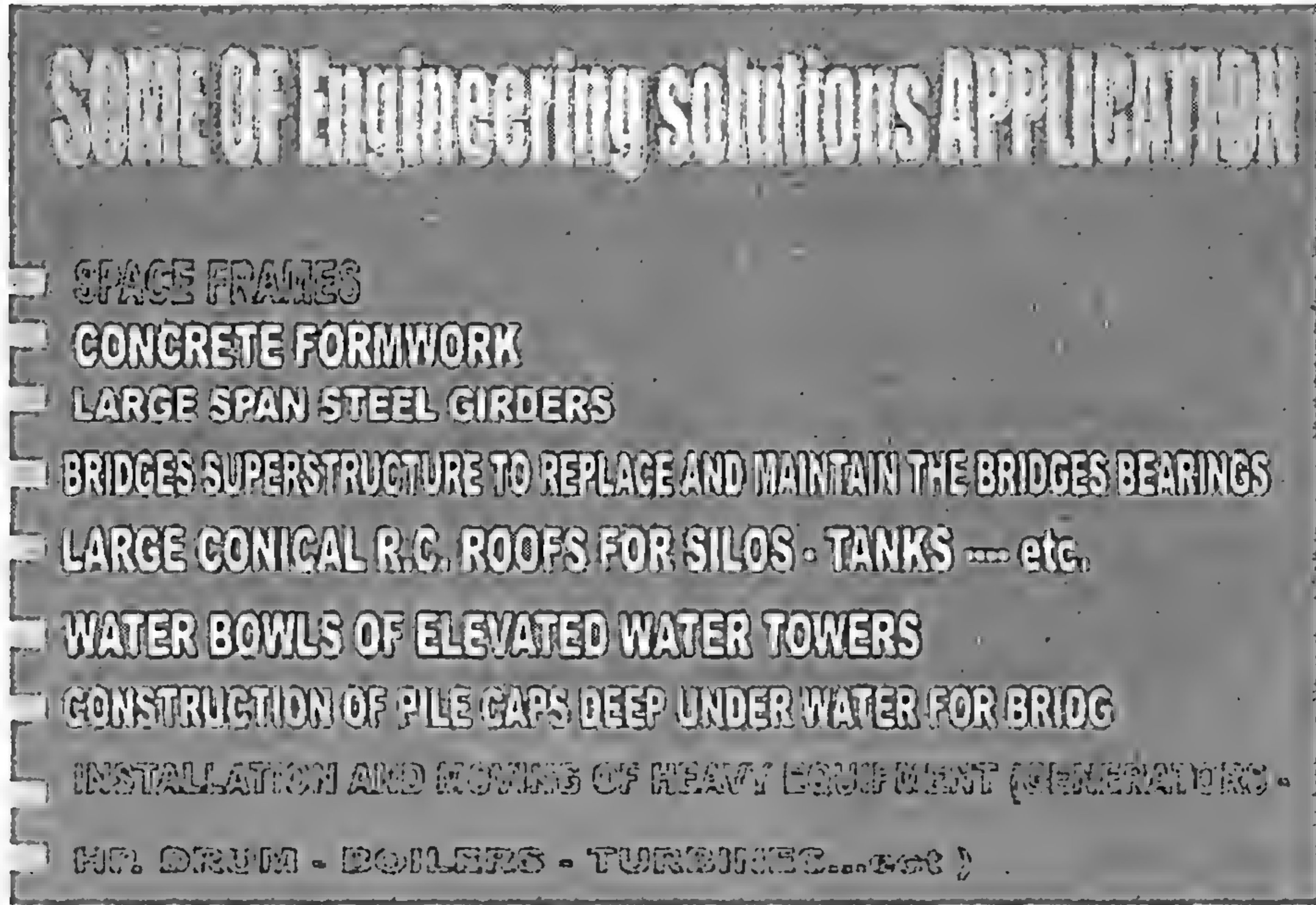
الباب الثاني والعشرون

أعمال الرفع الثقيل

أعمال الرفع الثقيل

الرفع الثقيل للإنشاءات الخرسانية والمعدنية :

يستخدم هذا النظام بنجاح كبير في رفع الإنشاءات الخرسانية مثل الخزانات العلوية أو الكباري أو مشروعات الأسكان أو القباب أو الأسقف المعدنية الضخمة . شكل (١) - يوضح مجالات استخدام تكنولوجيا الرفع الثقيل .

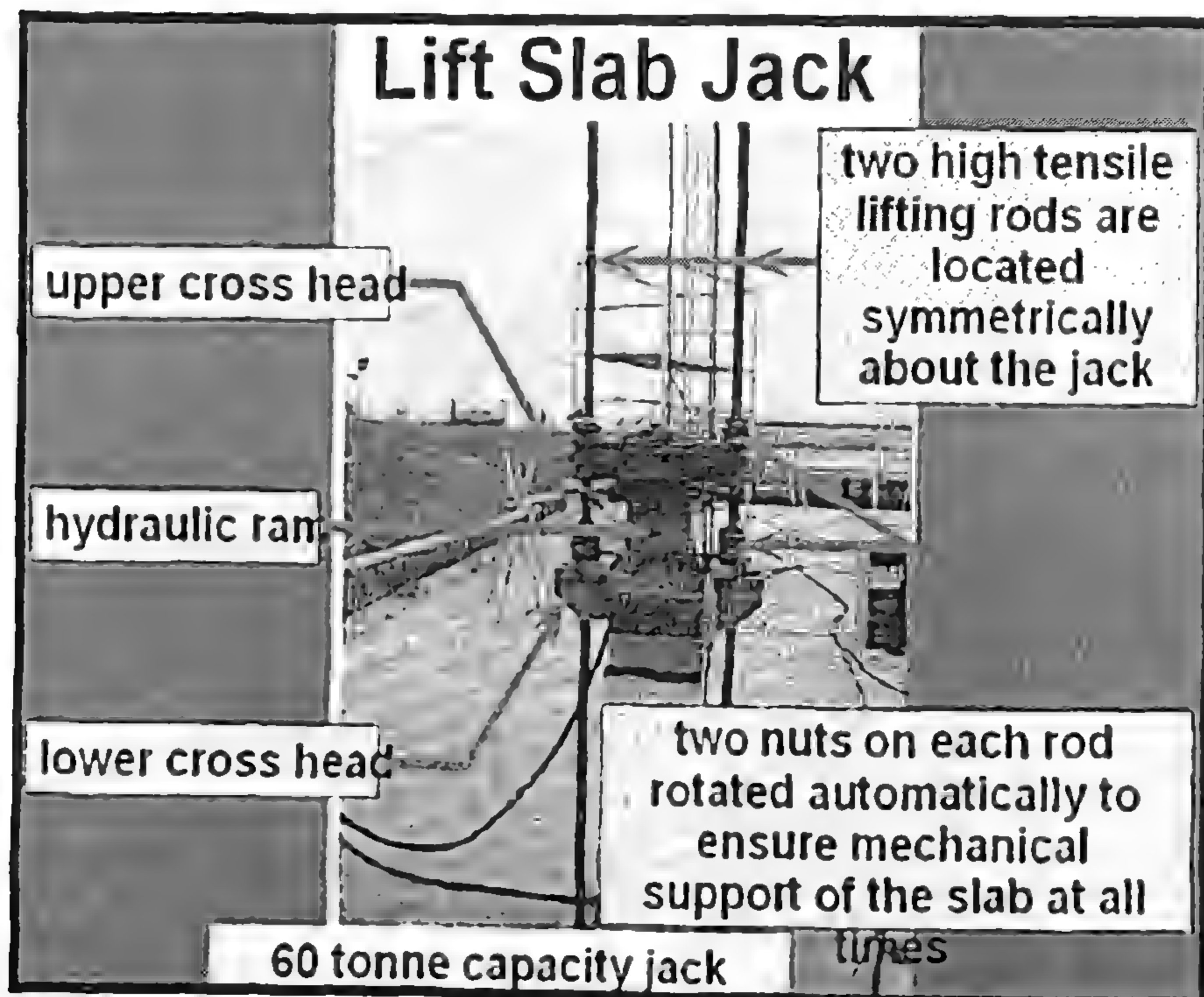
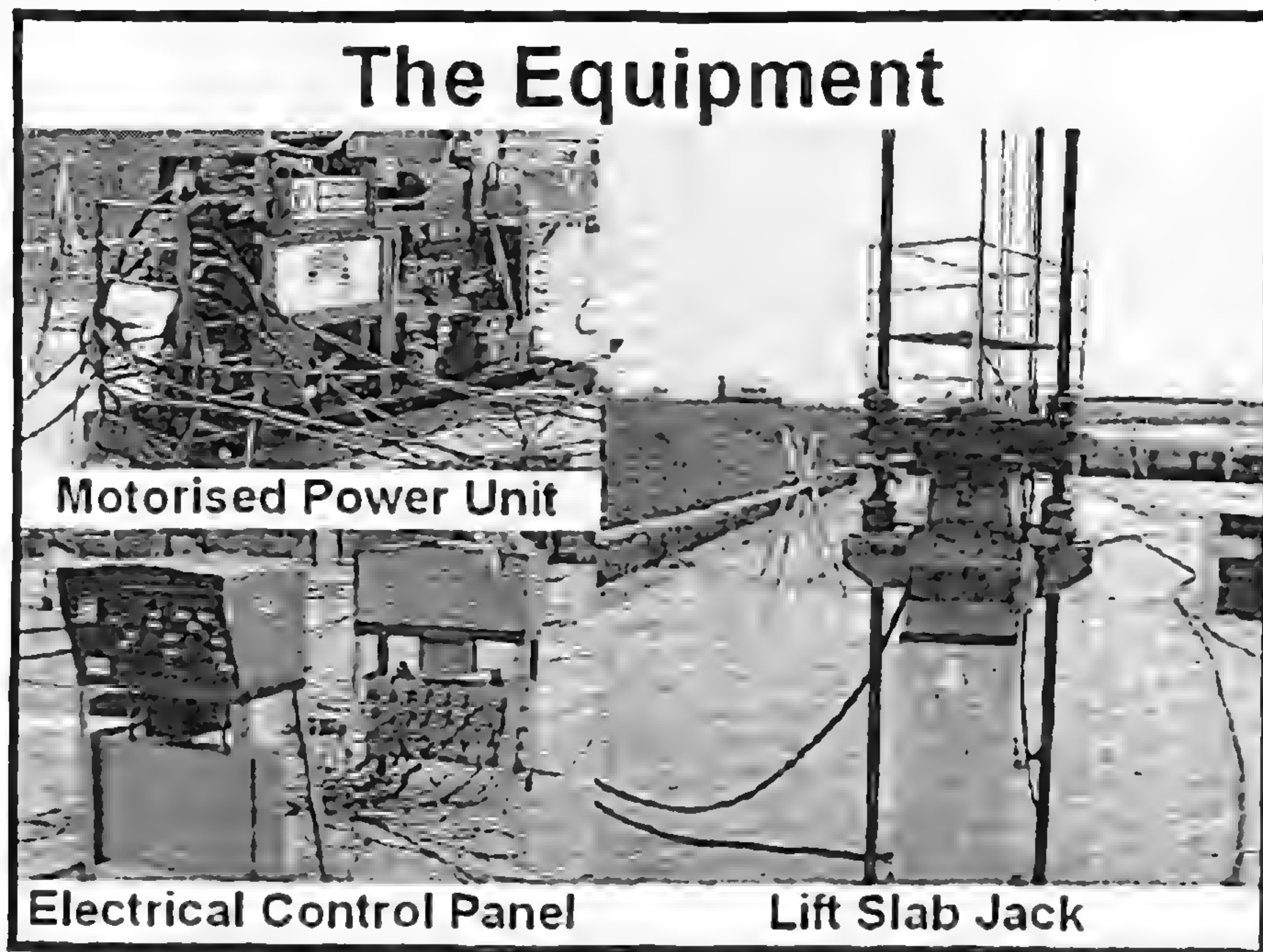


شكل (١) مجالات استخدام تكنولوجيا الرفع الثقيل

أولا : الخزانات :

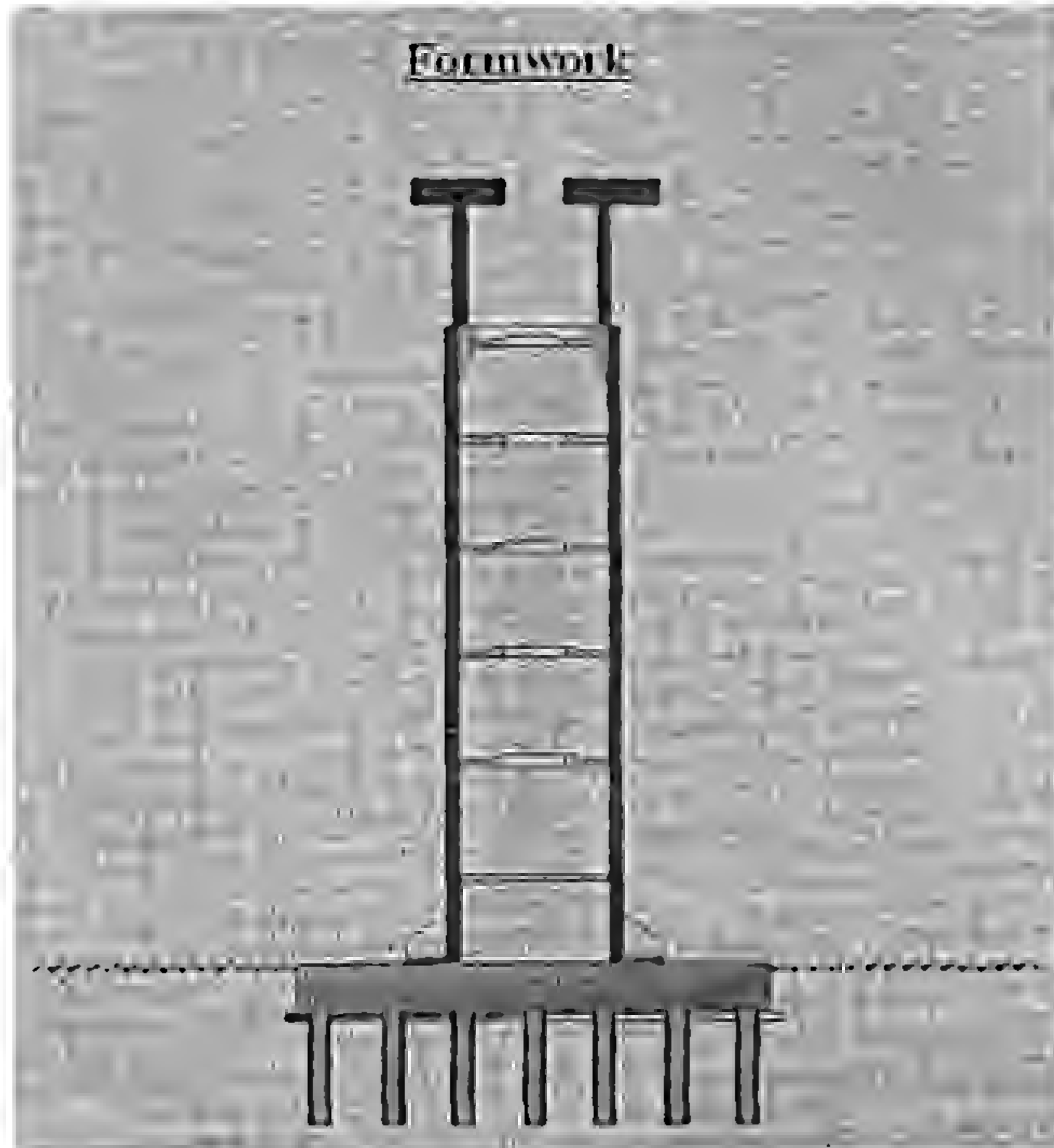
بعد تنفيذ الأعمدة أو تنفيذ الأسطوانة الحاملة للخزان ، يتم رفع حلة الخزان أو القبة بواسطة روافع هيدروليكية إلى مكانها تماما ثم تثبيتها . هذا النظام يوفر الشدات التي تستخدم في الإنشاءات العالية فضلا عن سهولة الصب عند مستوي سطح الأرض وتوفير الوقت .

وقد تم رفع خزان مياه سعة ٤٠٠,٠٠٠ جالون - حيث تم صب الحلة علي الأرض باستخدام الشدات العادية - وكانت الأسطوانة الخرسانية الحاملة للحلة قد نفذت بنظام الشدات المنزلقة. تفاصيل الروافع الهيدروليكية- شكل (٢) . خطوات رفع حلة

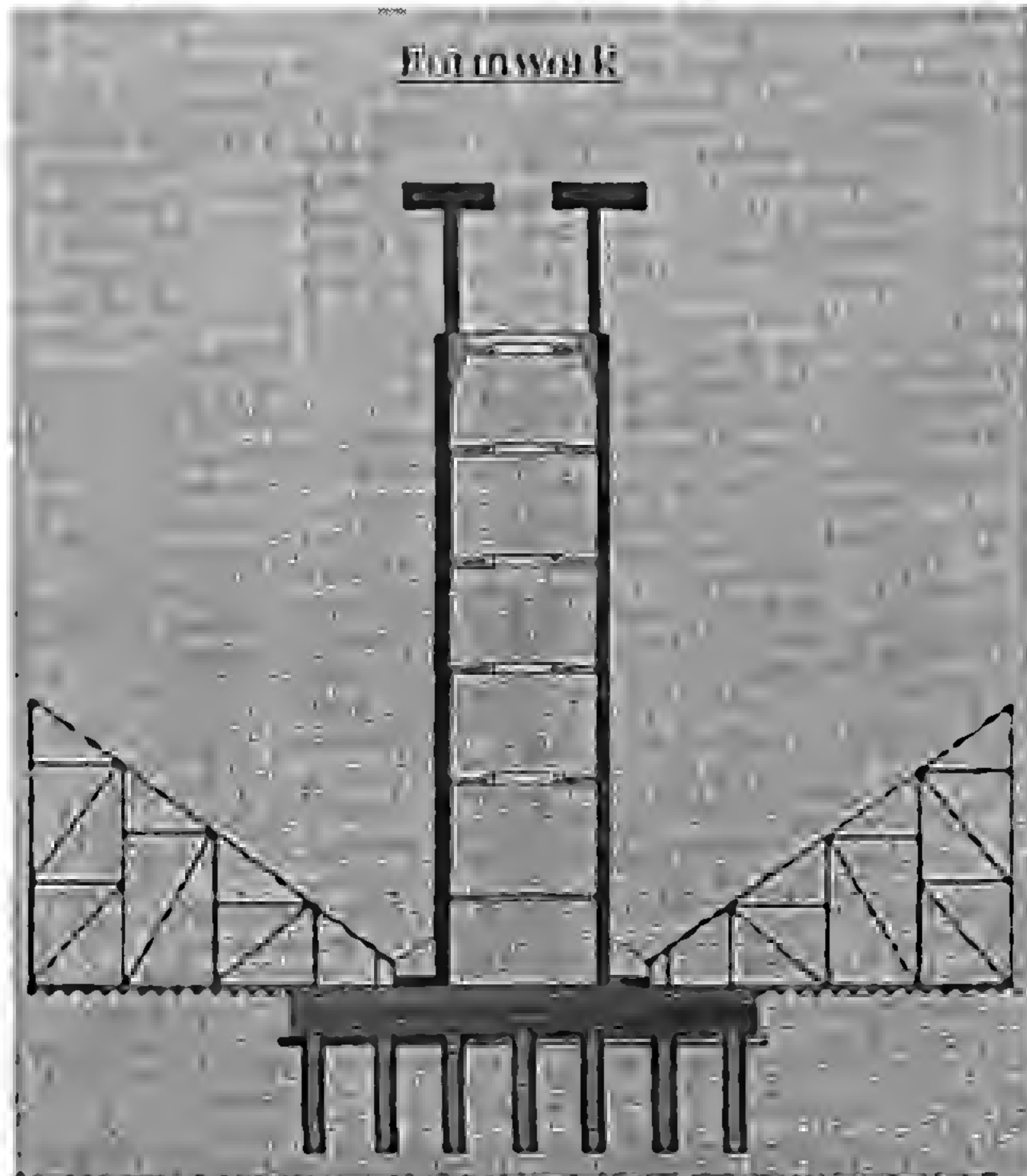


شكل (٢) معدات الرفع

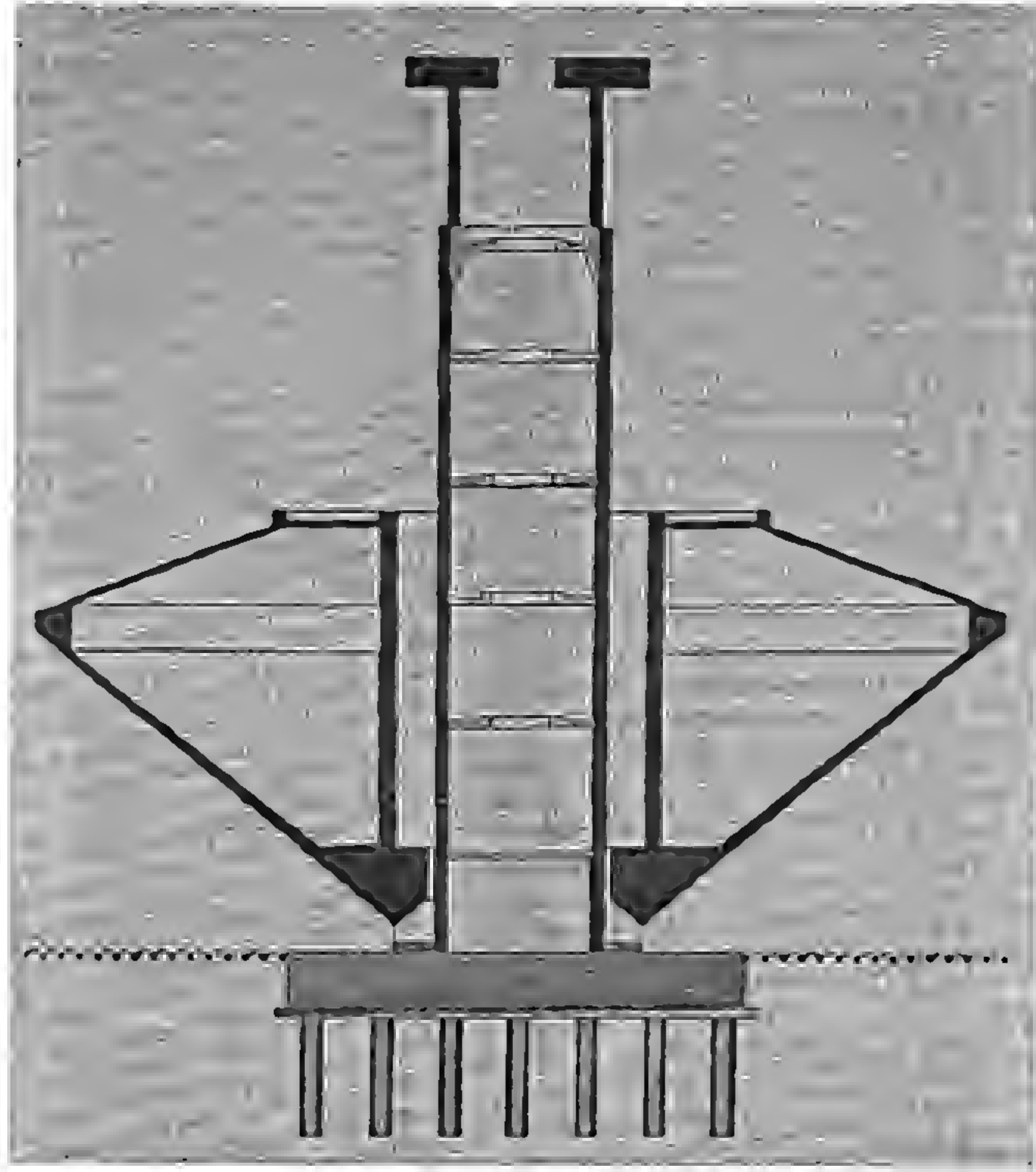
طريقة و خطوات التنفيذ :



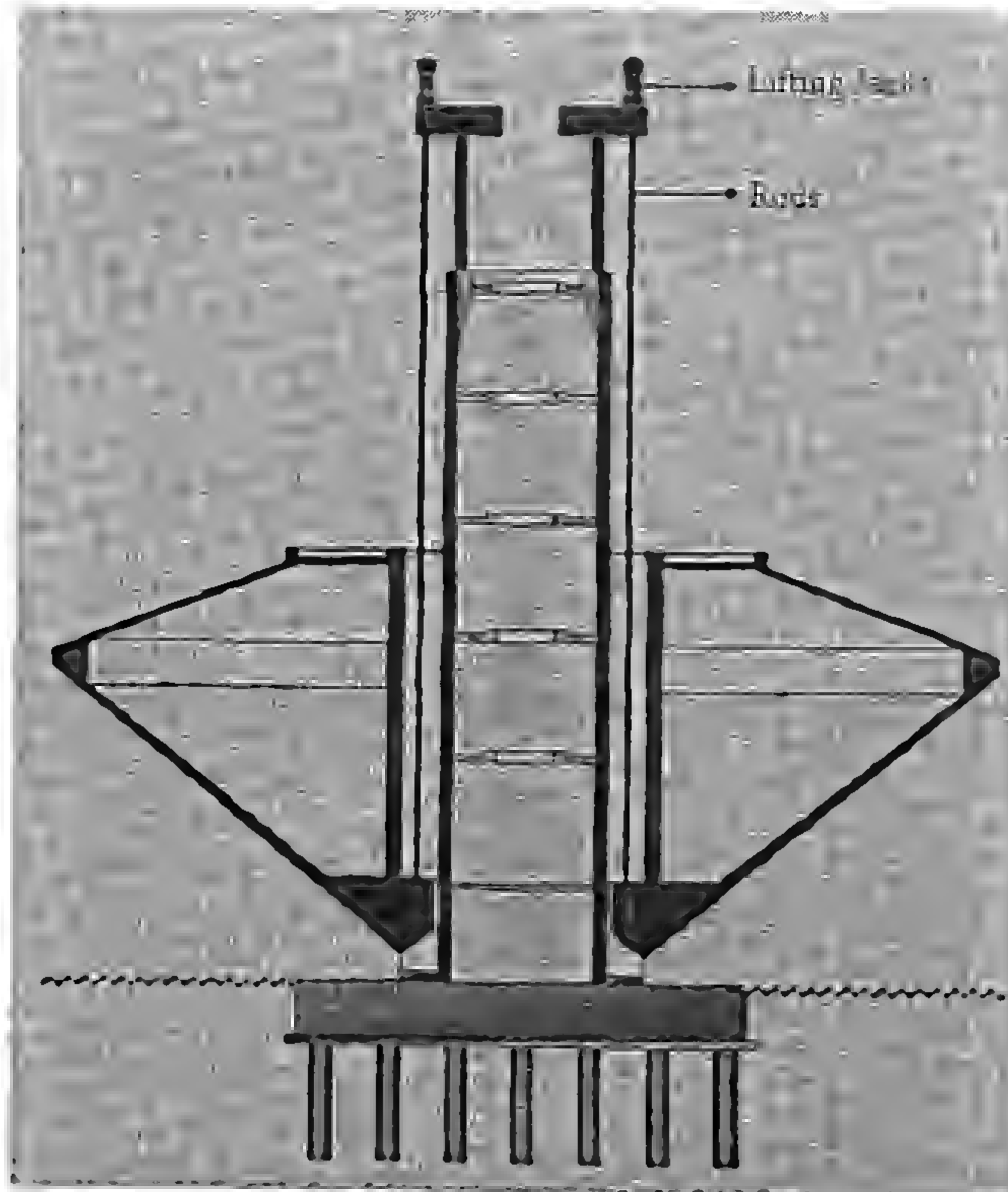
تنفيذ الأساسات - تنفيذ الأسطوانة الداخلية بنظام الشدة المنزلقة - عمل كابولي علوي للتركيب الروافع



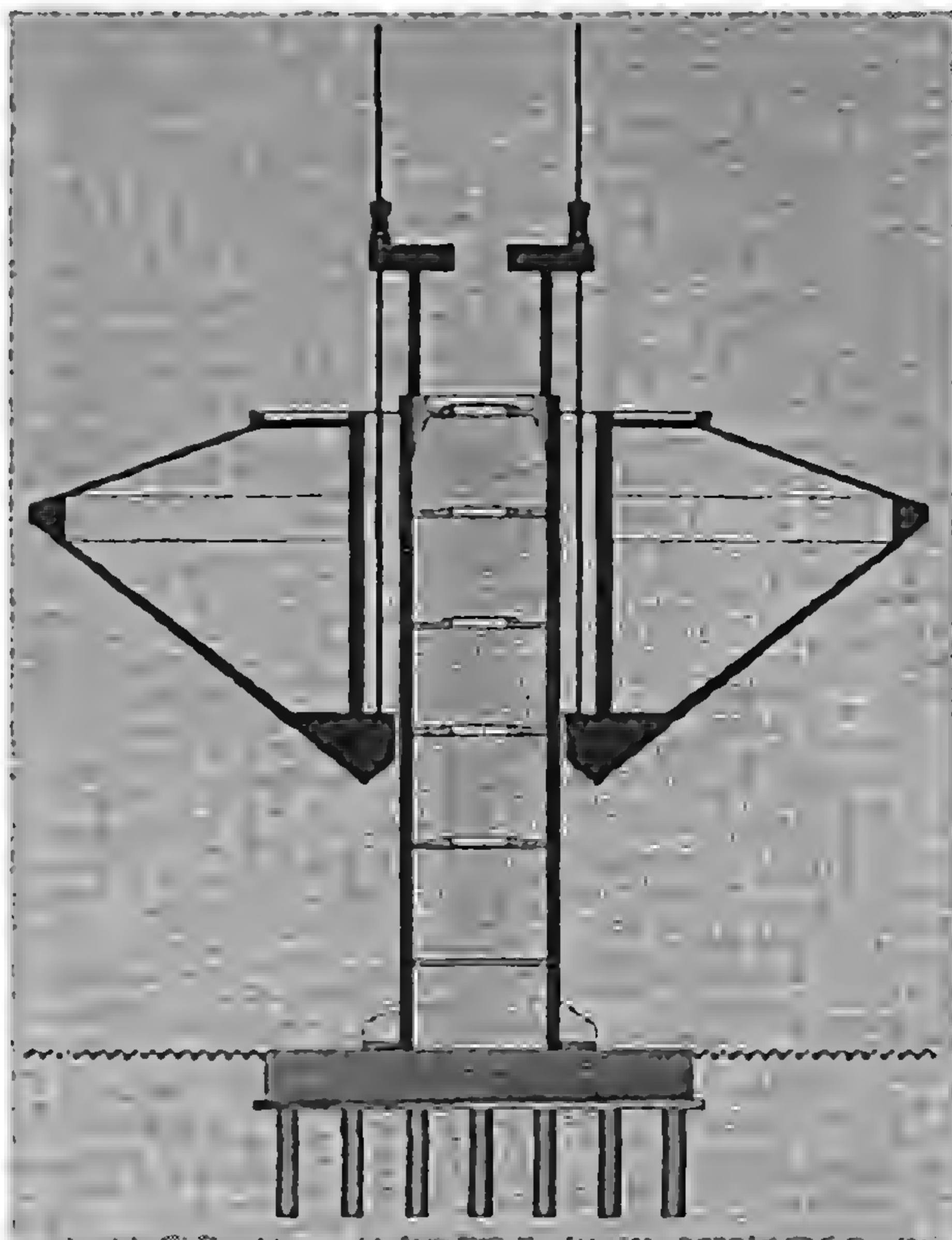
تنفيذ الشدة المسلحة على الأرض



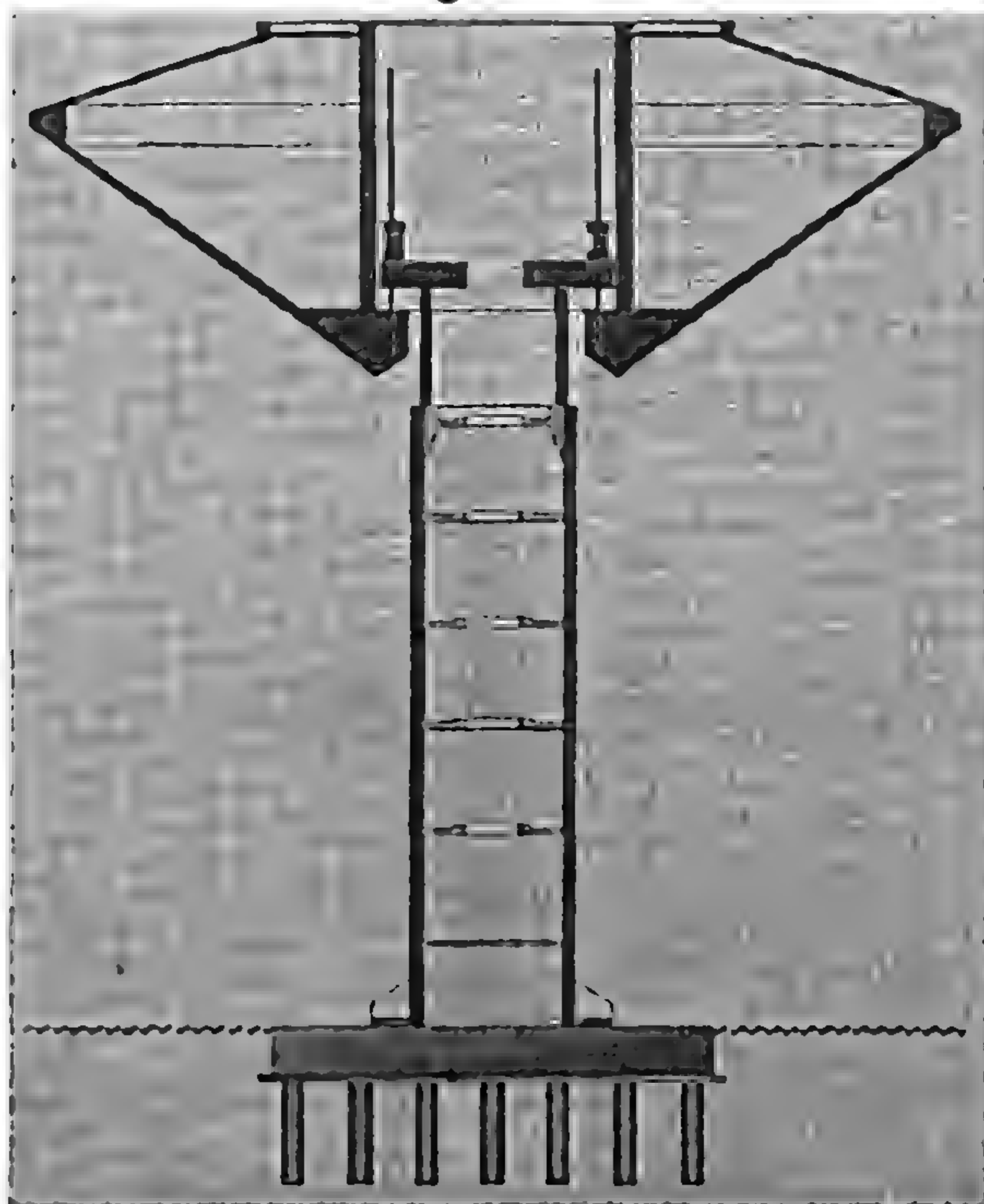
صب حلة الخزان وأزالة الشدة المسلحة



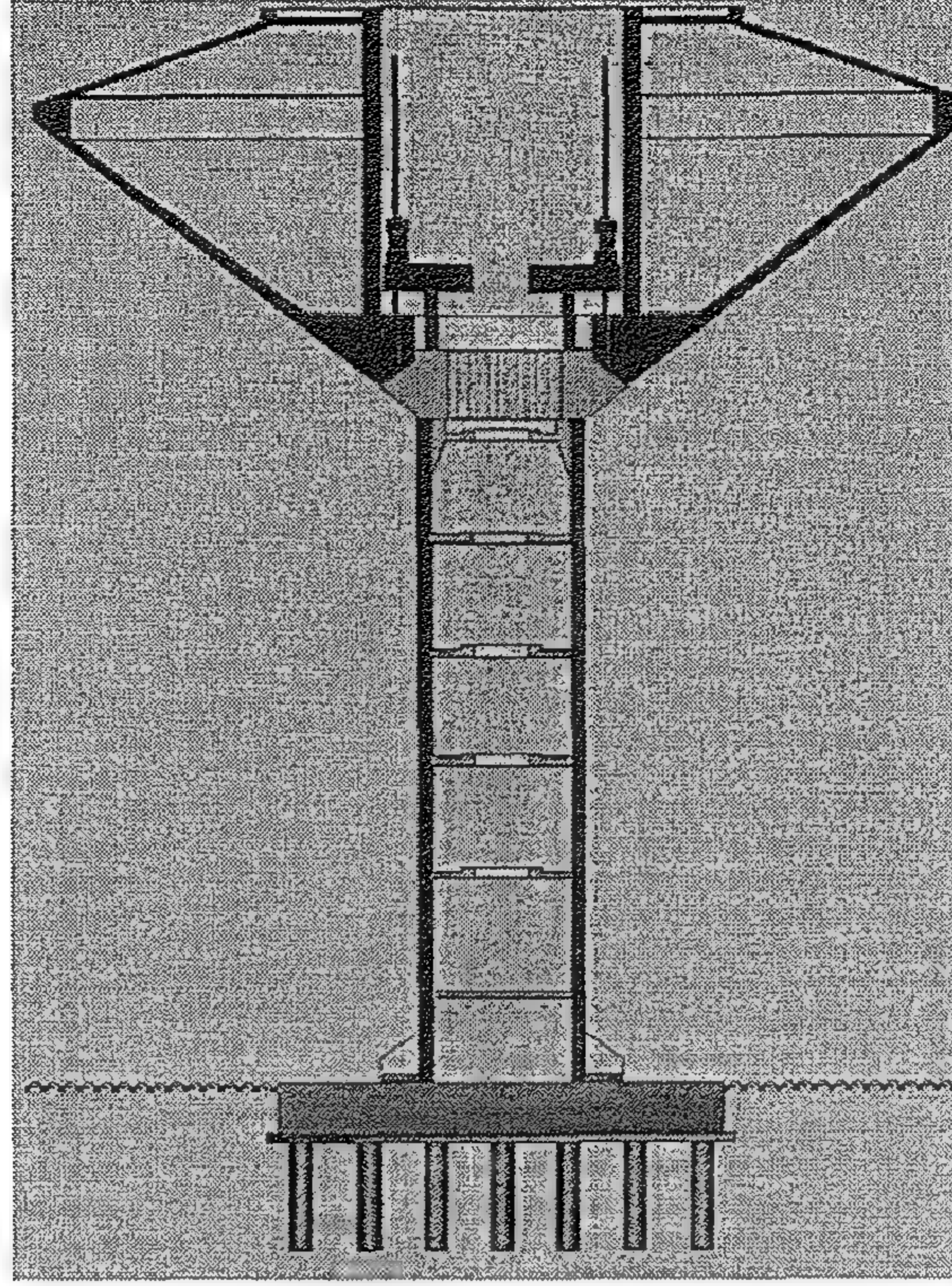
تركيب الروافع وقضبان الرفع



بدأ الرفع



الانتهاء من الرفع والوصول الى منصوب الخزان التصميمي



شكل (٣) صب خرسانة أرتكاز حلة الخزان

ثانيا : القباب : Domes

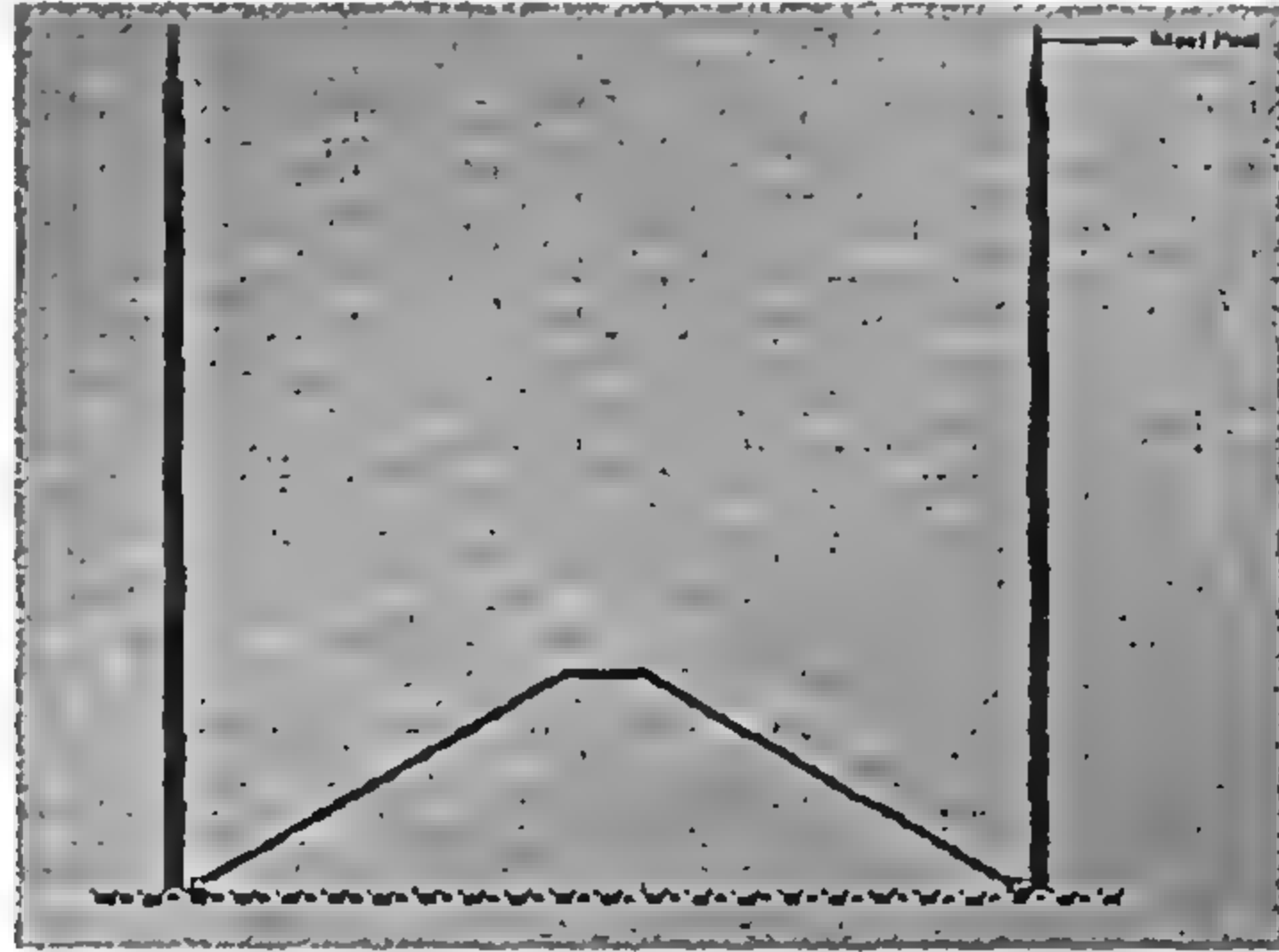
في حالة إنشاء القباب خاصة ذات البحور الكبيرة ، يمكن تجنب التكلفة العالية للشدات وخاصة الفرع المنحنية وذلك باستخدام أسلوب بسيط هو ردم وتشكيل التربة ودمكها لتأخذ شكل القبة تماما . يغطي سطح التربة بطبقة من المونة الأسمنتية وتغطي بعد ذلك بمادة عازلة مثل لفات المشمع . يتم صب خرسانة القبة ومعالجتها . وعند وصول الخرسانة إلى الإجهاد المطلوب ، يتم إزالة الأتربة من أسفل القبة ، ثم ترفع إلى مكانها فوق الأعمدة باستخدام طريقة الأسقف المرفوعة وتثبت جيدا . يمكن أن تأخذ القباب الأنواع التالية :

١- أسقف صوامع الغلال :

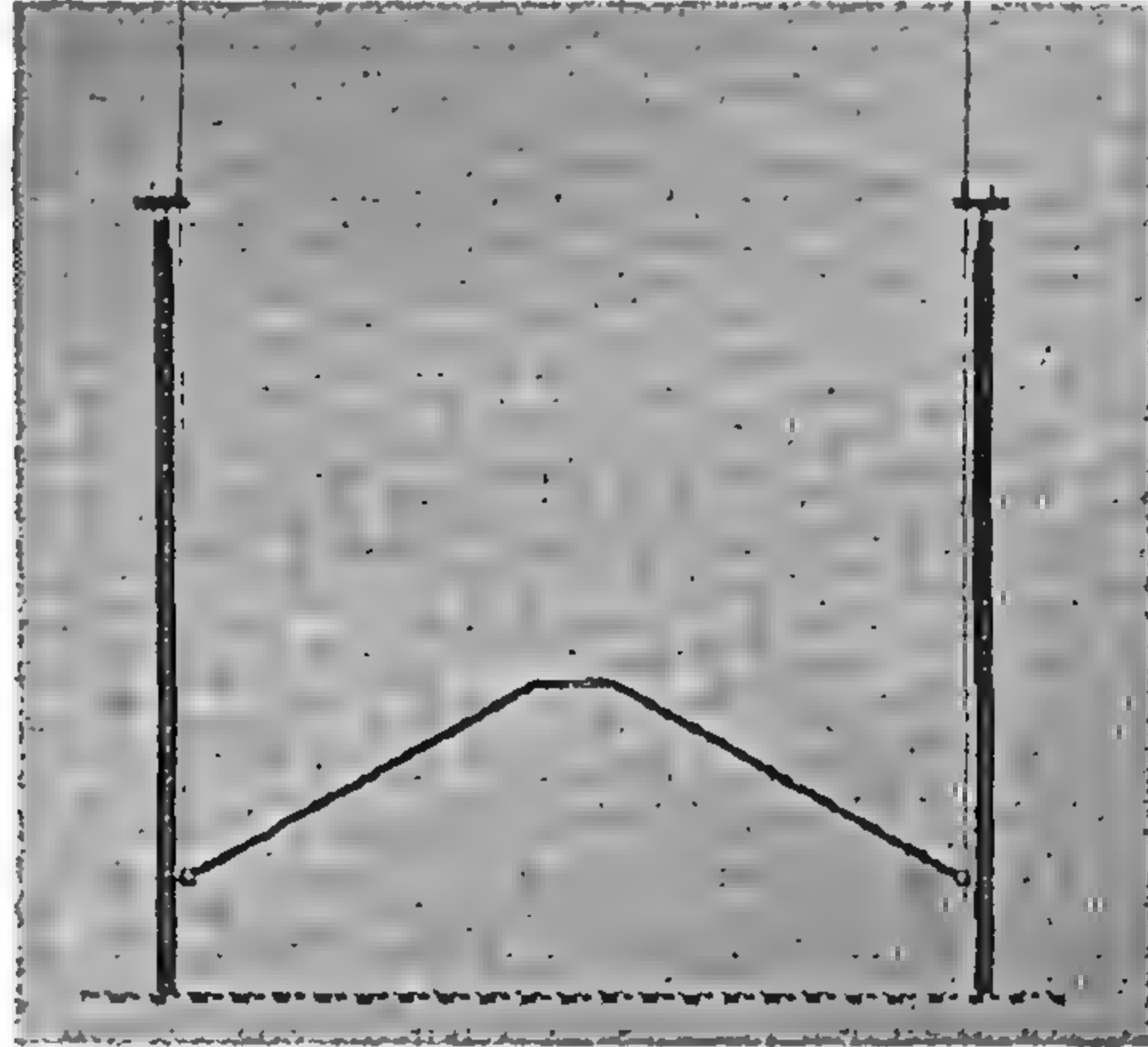
بعد أتمام صب الأسطوانة الخرسانية الحاملة للسقف - (يفضل طريقة الشدات المنزلقة) ، يتم رفع السقف على هذه الأسطوانة ثم تثبيته عليها . ويمكن التنفيذ بطريقتين :

١ - رفع السقف من الأرض مع تثبيته علي الأستوانة الحاملة (حالة الأسقف المخروطية) - شكل (٤) .

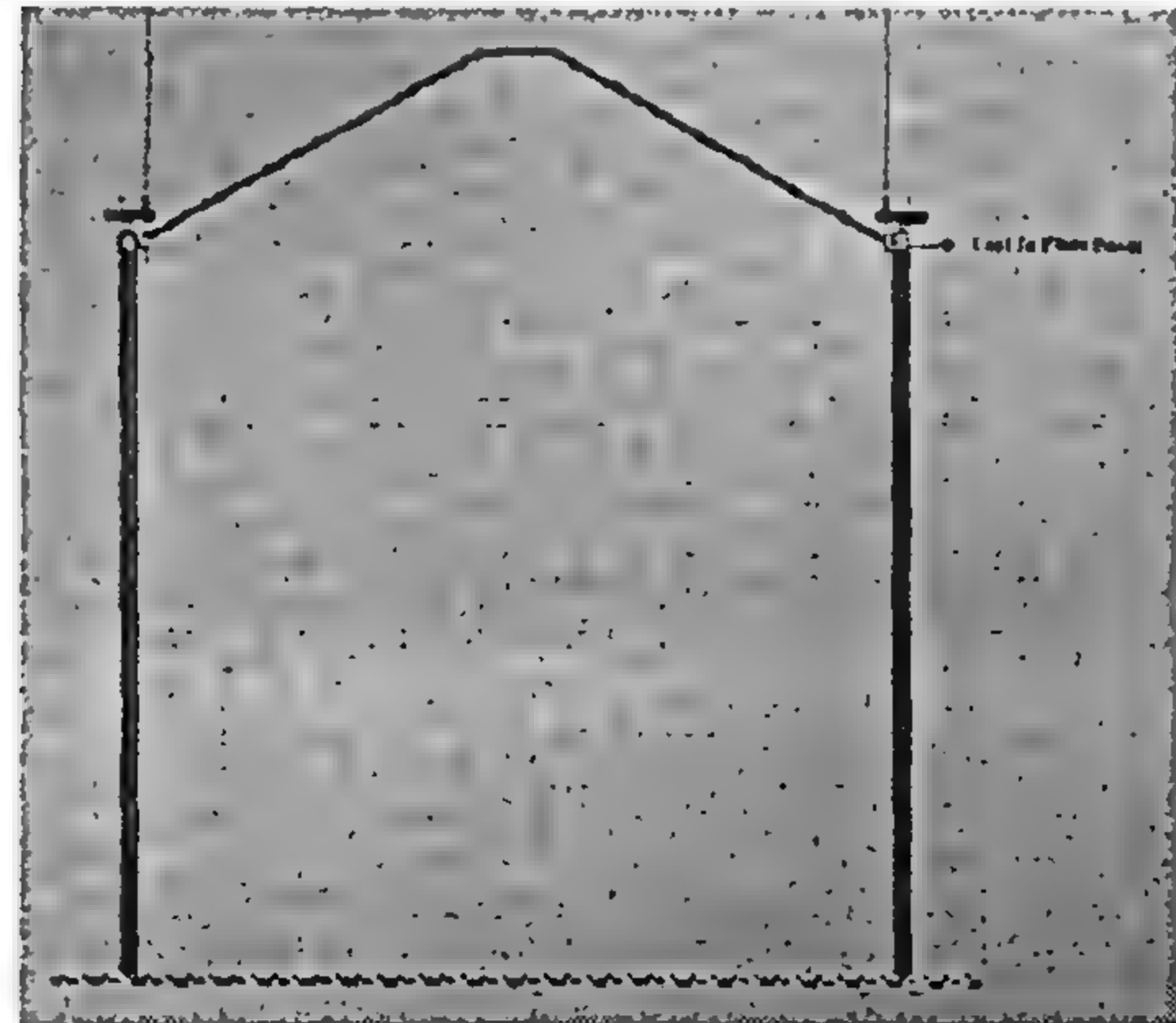
٢ - رفع الشدة المعدنية الي منسوب السقف (أو الأسقف المتوسطة) ثم صب خرسانات السقف بواسطة مضخة الخرسانة (حالة الأسقف الأفقية) - شكل (٥) .



عمل السقف المخروطي علي الأرض - تركيب الروافع

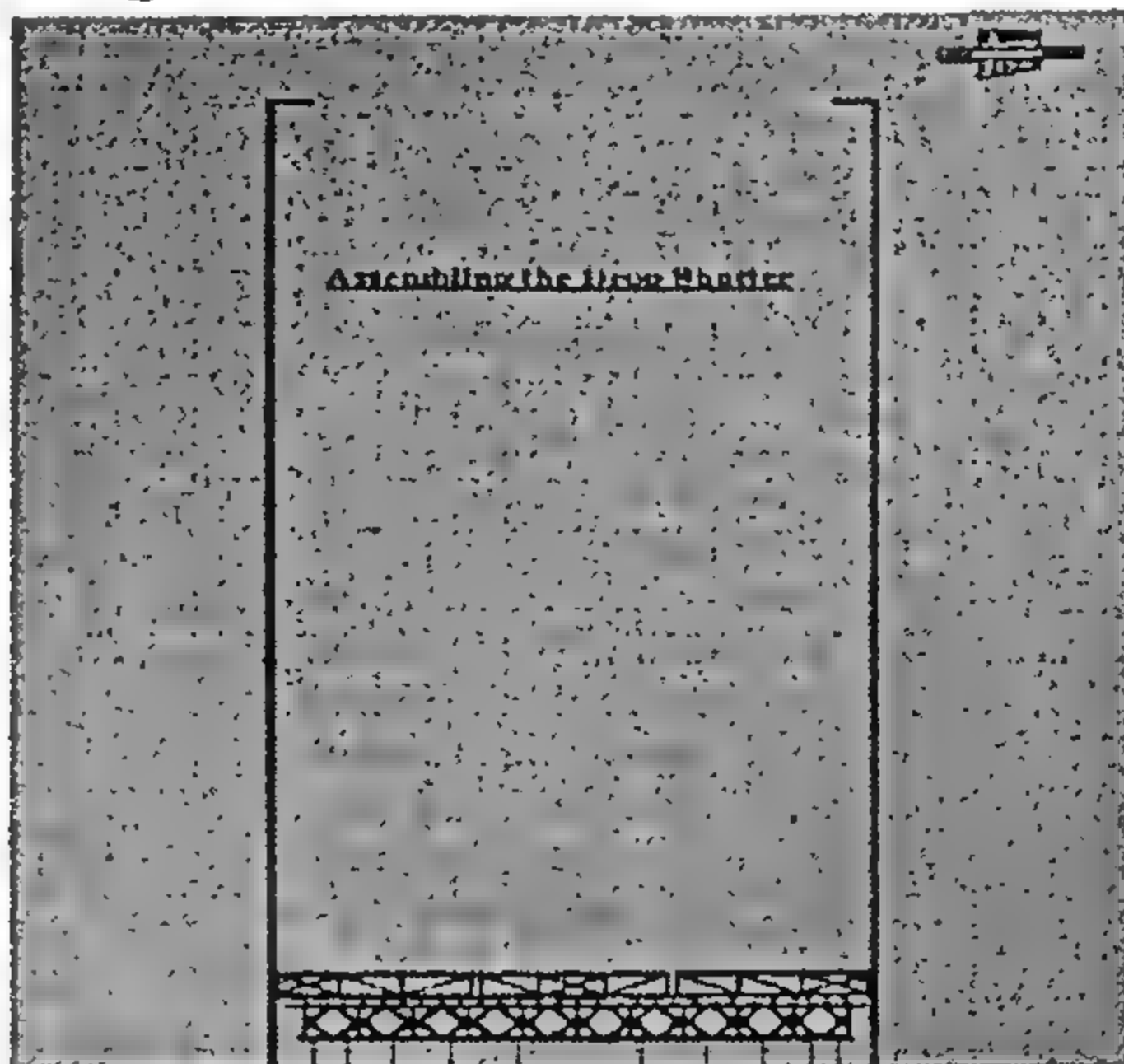


بدء رفع السقف المخروطي

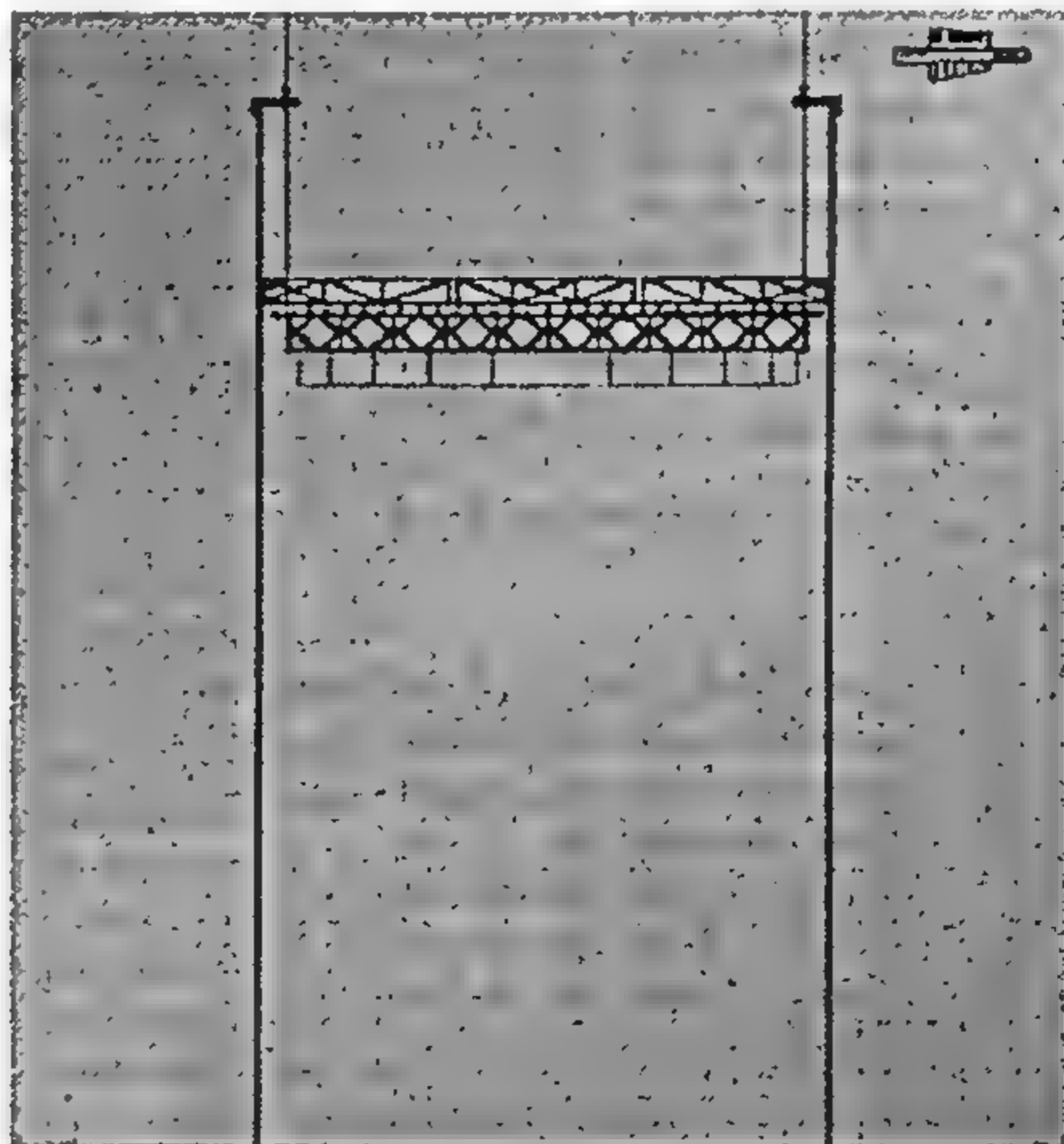


شكل (٤) رفع السقف المخروطي علي الأستوانة الحاملة في المرحلة النهائية

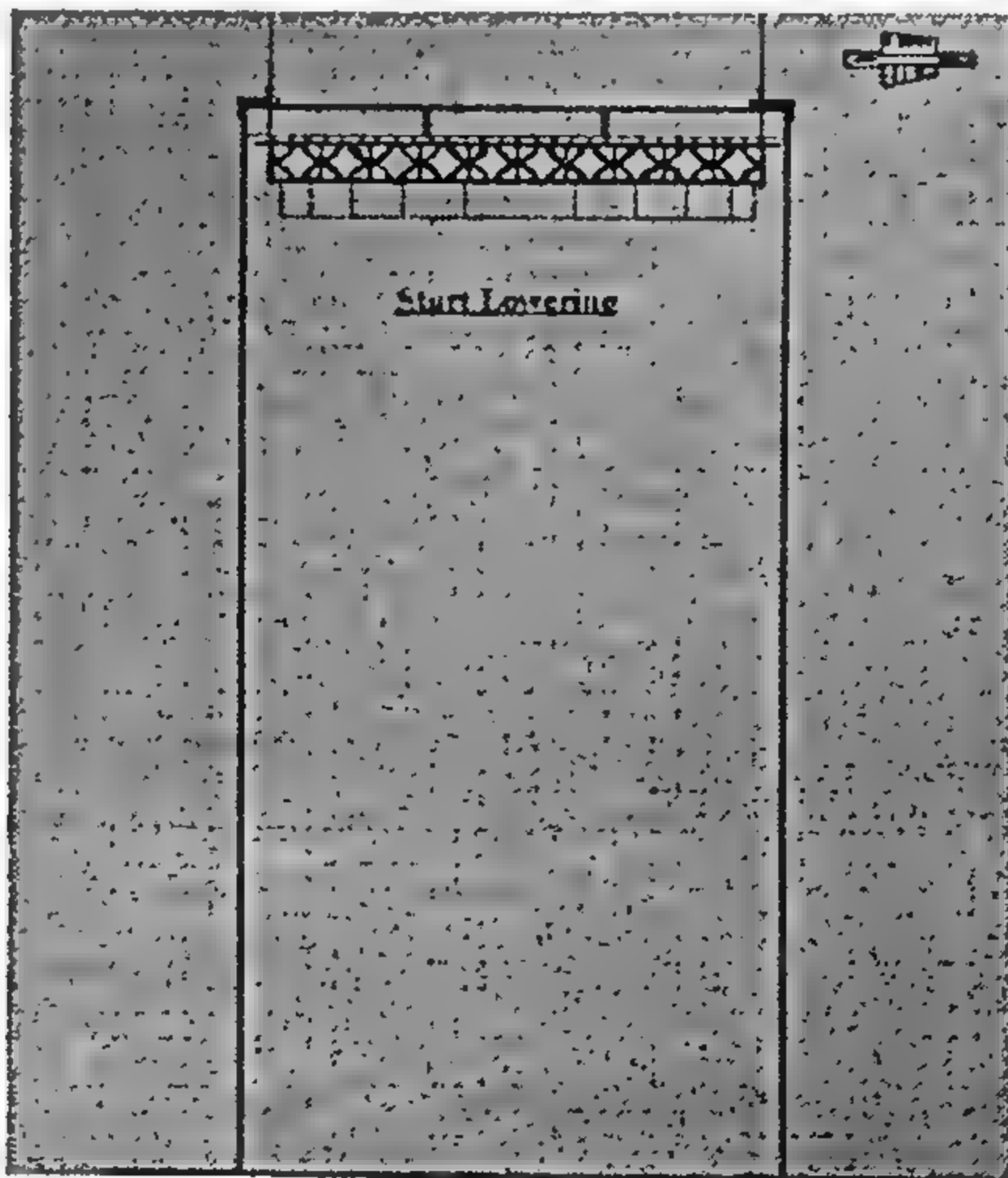
رفع الشدة المعدنية الي منسوب بلاطات الأسقف بالصوامع - حالة الأسقف الأفقية :



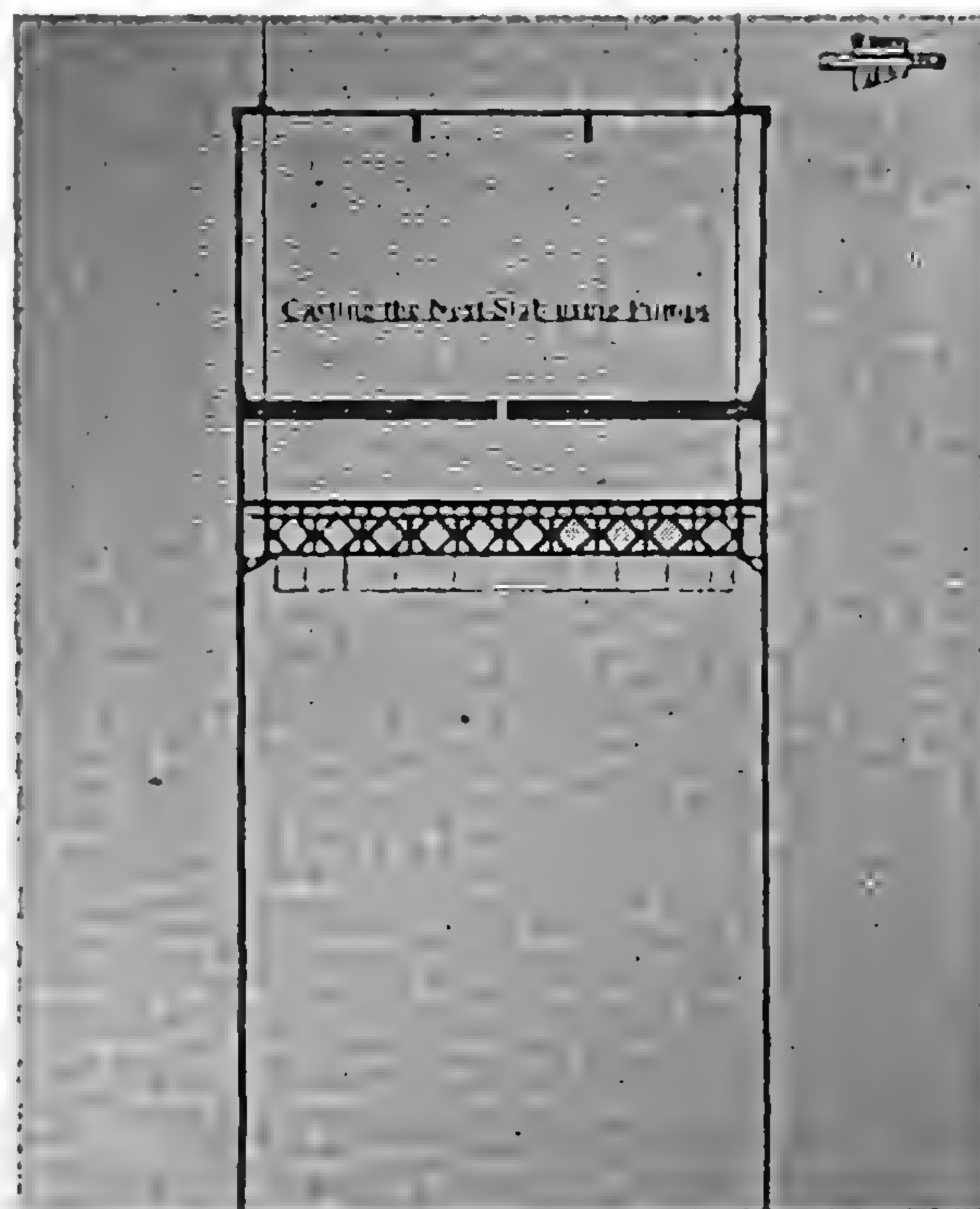
أنشاء الشدة المعدنية علي الأرض وتركيب الروافع



رفع الشدة المعدنية بواسطة الروافع الهيدروليكية



وصول الشدة المعدنية الي منسوب السقف العلوي

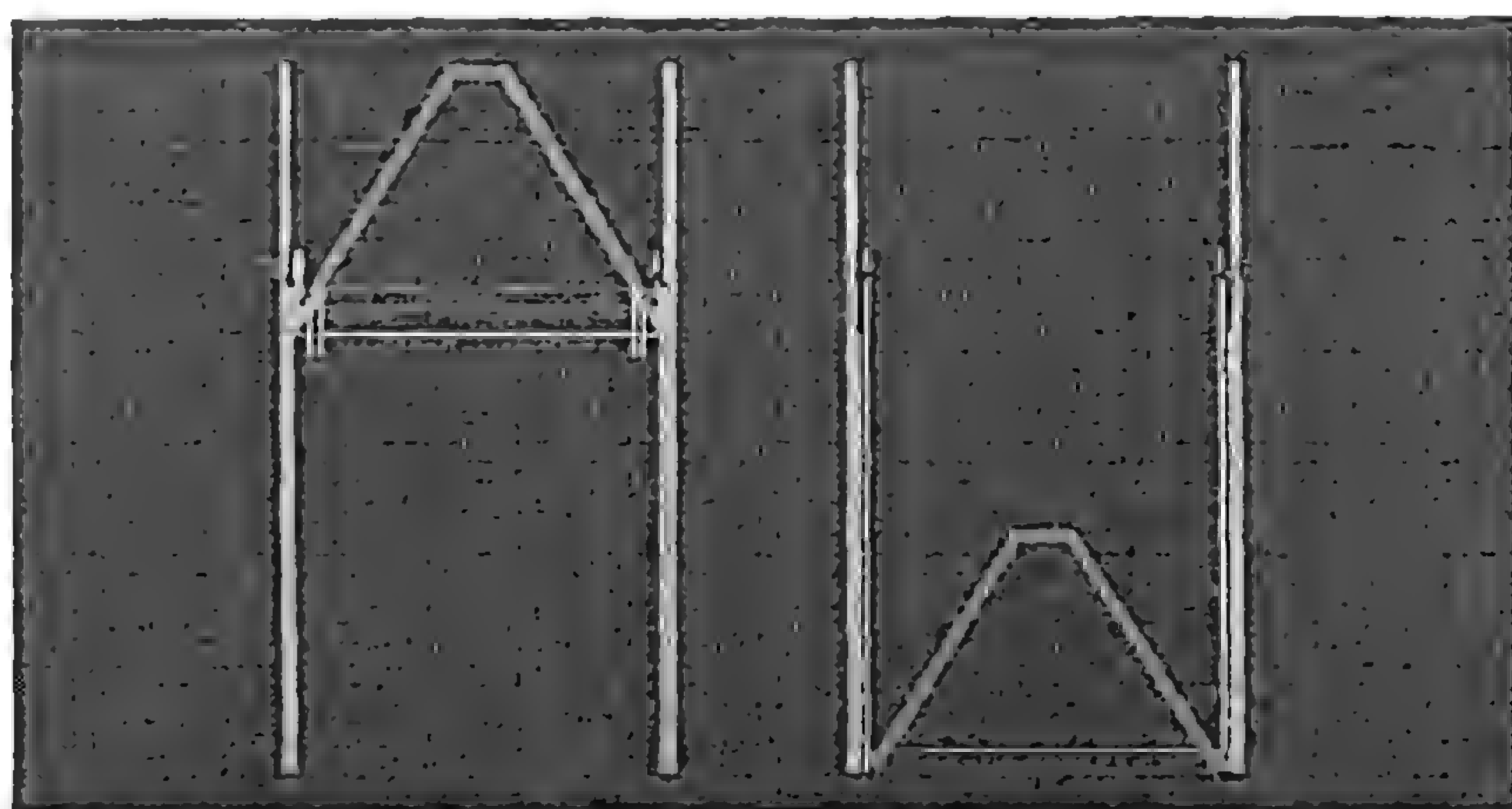


شكل (٥)

أنزال الشدة بعد صب السقف الثاني للصومعة

٢ - الأسقف المخروطية لخزانات تخمير الحمأة - عملية الجبل الأصفر - عقد ١٦ :

شكل (٦) .



LIFTING OF CONICAL ROOFS

مخطط يبين عملية رفع السقف



60 ton capacity Jack

Concrete bracket

عمل كابولي خرساني صغير لتثبيت الروافع الهيدروليكية



The conical roof during lifting

رفع السقف الخرساني لأحواض تخمير الحمأة - الجبل الأصفر - عقد ١٦



The conical roof at the final position

شكل (٦) السقف الخرساني في مرحلة الانتهاء

٣ - صوامع الأسمنت :

شكل (٧) .



رفع أسقف خرسانية مخروطية لصوامع الأسمنت

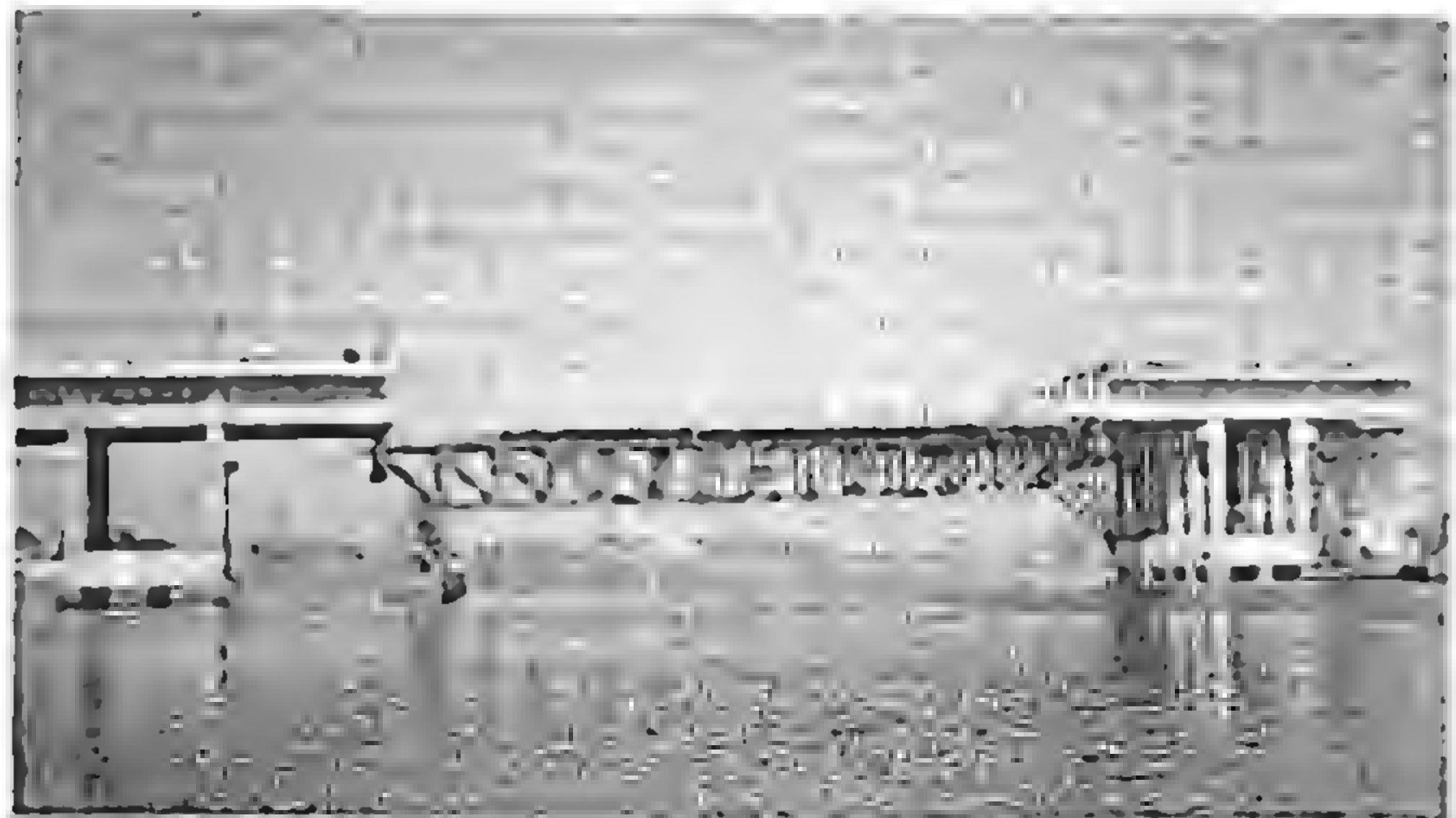


شكل (٧) رفع سقف الصومعة في المكان النهائي



Steel Truss before lifting

Span: 88m - Weight: 1200 ton (Truss & Concrete)



Steel Truss after lifting



Steel Truss during concreting

رفع كمرّة مع صب الخرسانات لباكبة أحد الكباري - الوزن ١٢٠٠ طن
جمهورية مصر العربية

معدلات العمل للخزانات والأسقف المخروطية والمنشآت المعدنية :

- ١ - معدل تركيب وفك المعدات لكل خزان ، حوالي ١٠ أيام .
 - ٢ - معدلات الرفع تتراوح بين ٥٠ - ٨٠ سم / ساعة .
 - ٣ - معدل صب الكمرات الحاملة للخزان بعد الرفع ، حوالي ٣ أسابيع (لأعمال النجارة والحدادة وصب الخرسانة والوصول إلى الأجهاد المطلوب) .
- وعلي سبيل المثال : يحتاج خزان سعته ١٠٠٠ م^٣ ، إلى حوالي شهر واحد للتركيبات والرفع إلى منسوبه النهائي ، مع ملاحظة أن حامل الخزان ، يتم تنفيذه بطريقة الشدات المنزلقة ، وفوق هذا الحامل ، يتم إنشاء الأعمدة والديسك الخاص بأعمال الرفع .

إنشاء قواعد دعائم الكباري

Construction of Under Water Pile Cap Using Sinking Technique and Lift Slab System

تنفيذ هامة الخوازيق بواسطة تكنولوجيا الرفع الثقيل :

وقد تم استحداث نظام جديد للتنفيذ باستخدام تقنية الرفع الثقيل ، هذه التقنية تم اختراعها بواسطة مهندسين مصريين . تقوم هذه الفكرة علي تنفيذ ٧٥ % من القاعدة Cap فوق سطح الماء بحوالي ١ متر ، ثم يتم تغويص القاعدة إلى منسوبها النهائي ثم استكمال صب النسبة المتبقية ٢٥ % في ظروف جافة تماما وتحت الضغط الجوي العادي . يستخدم الجزء المصبوب تحت الماء - السابق ذكره - في ربط جسم القاعدة بالخوازيق .

خطوات التنفيذ :

أولا : الجزء أعلي سطح المياه :

- ١ - تنفذ الخوازيق داخل المجري المائي وعلي المحاور التصميمية مع مراعاة ترك ٥٠ سم من الغلاف المعدني للخوازيق خارج سطح الماء .
- ٢ - تركيب كمرات معدنية علي شكل حرف T علي المحور الرأسي لكل خازوق ثم يتم صب خرسانة عادية بارتفاع ٥٠ سم حول قائم الكمرات المعدنية السابقة

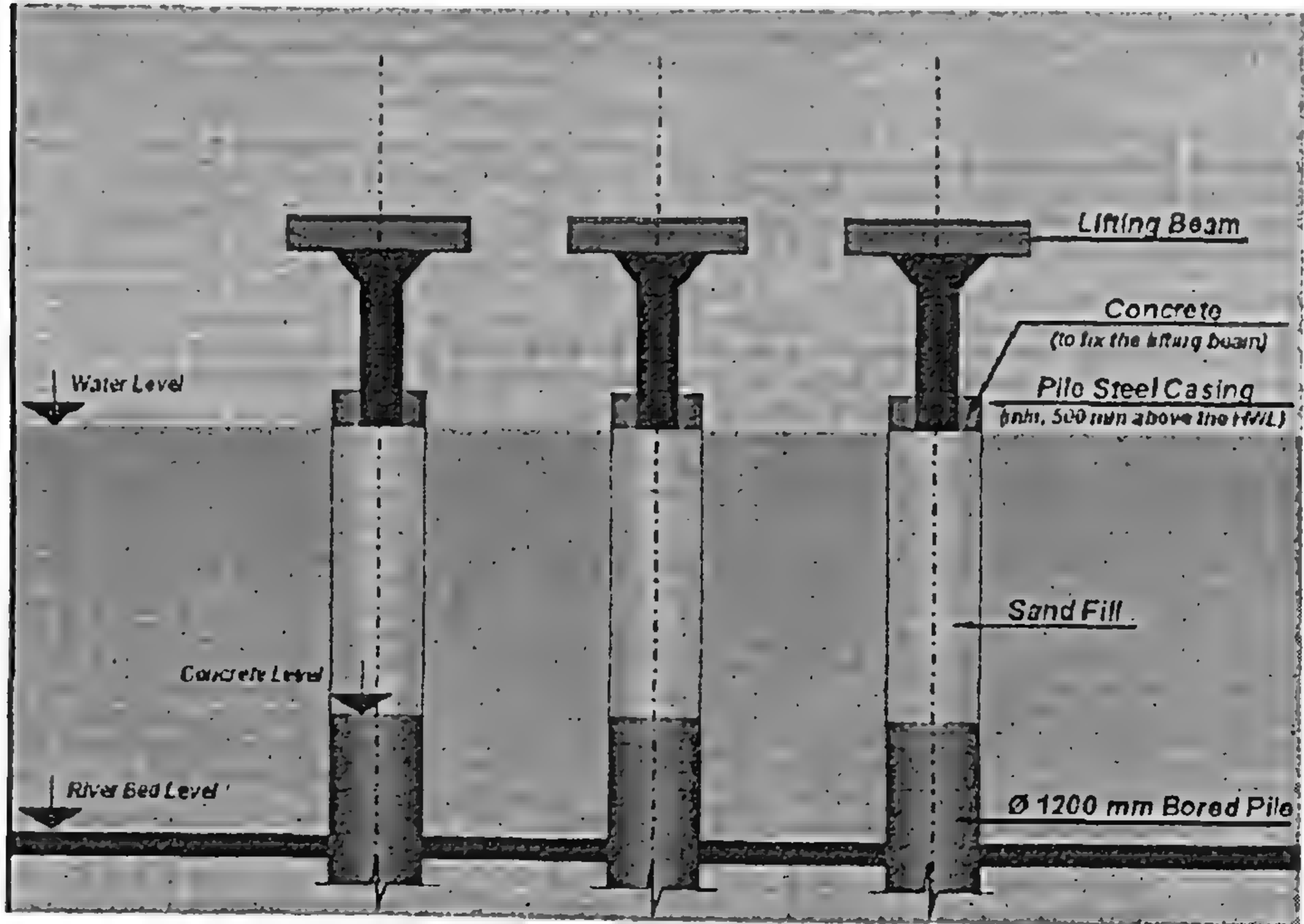
لتنشيتها داخل الفراغ العلوي للخازوق . هذه الكمرة سيتم تعليق وتنشيت الروافع عليها .

٣ - يتم رص كمرات معدنية فوق رؤوس الخوازيق وعمل الشدة اللازمة لصب القاعدة بالأبعاد التصميمية مع ترك فتحات للخوازيق .

٤ - نبدأ في صب القاعدة وجزء من الأعمدة الحاملة للكوبري بحيث يكون نهاية هذا الجزء من الأعمدة أعلى من سطح المياه بعد تغويص القاعدة ثم تحقق مواد عازلة بين جسم الخازوق والقاعدة .

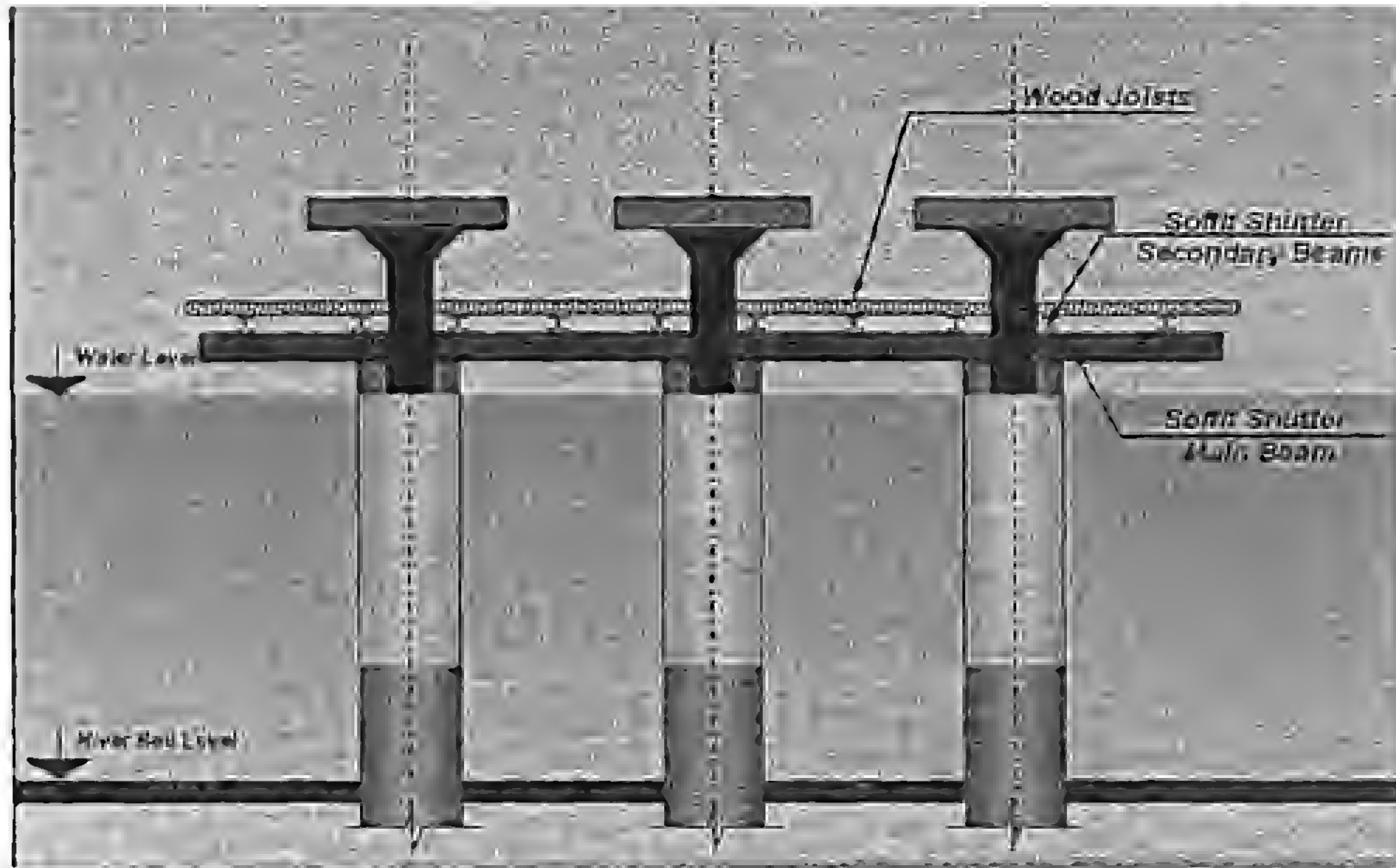
٥ - بعد تثبيت مهمات الرفع ، تبدأ الروافع في رفع القاعدة ويتم إزالة الشدة

٦ - تبدأ الروافع في إنزال القاعدة حتى منسوب سطح الماء . يتم تثبيت ماسورة معدنية فوق كل خازوق بقطر أكبر من قطر الخازوق لخلق فراغ للتشغيل حول رأس كل خازوق - تتابع أعمال التنفيذ - شكل (٨) .



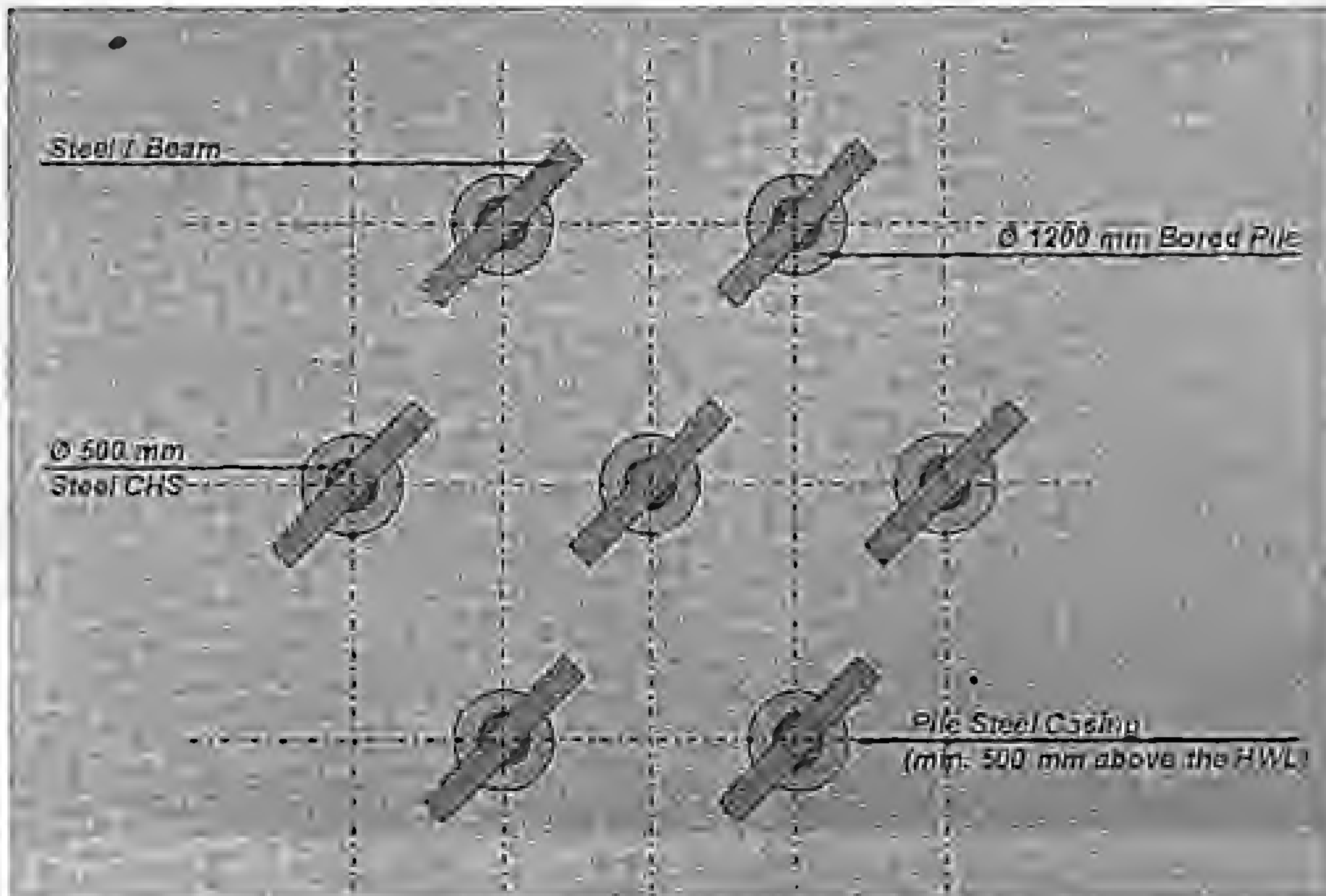
- ١ - صب الخوازيق مع ترك الغلاف الخارجي المعدني
- ٢ - مد الماسورة لأعلى ٥٠ سم فوق سطح المياه
- ٣ - ملء رمال فوق خرسانة الخازوق .
- ٤ - وضع ماسورة رأسية قطر ٥٠ سم فوق منتصف كل خازوق .
- ٥ - صب خرسانة عادية فوق الرمال وحول الماسورة.
- ٦ - وضع كمرات أفقية فوق الماسورة لتركيب الروافع

الخطوة الأولى



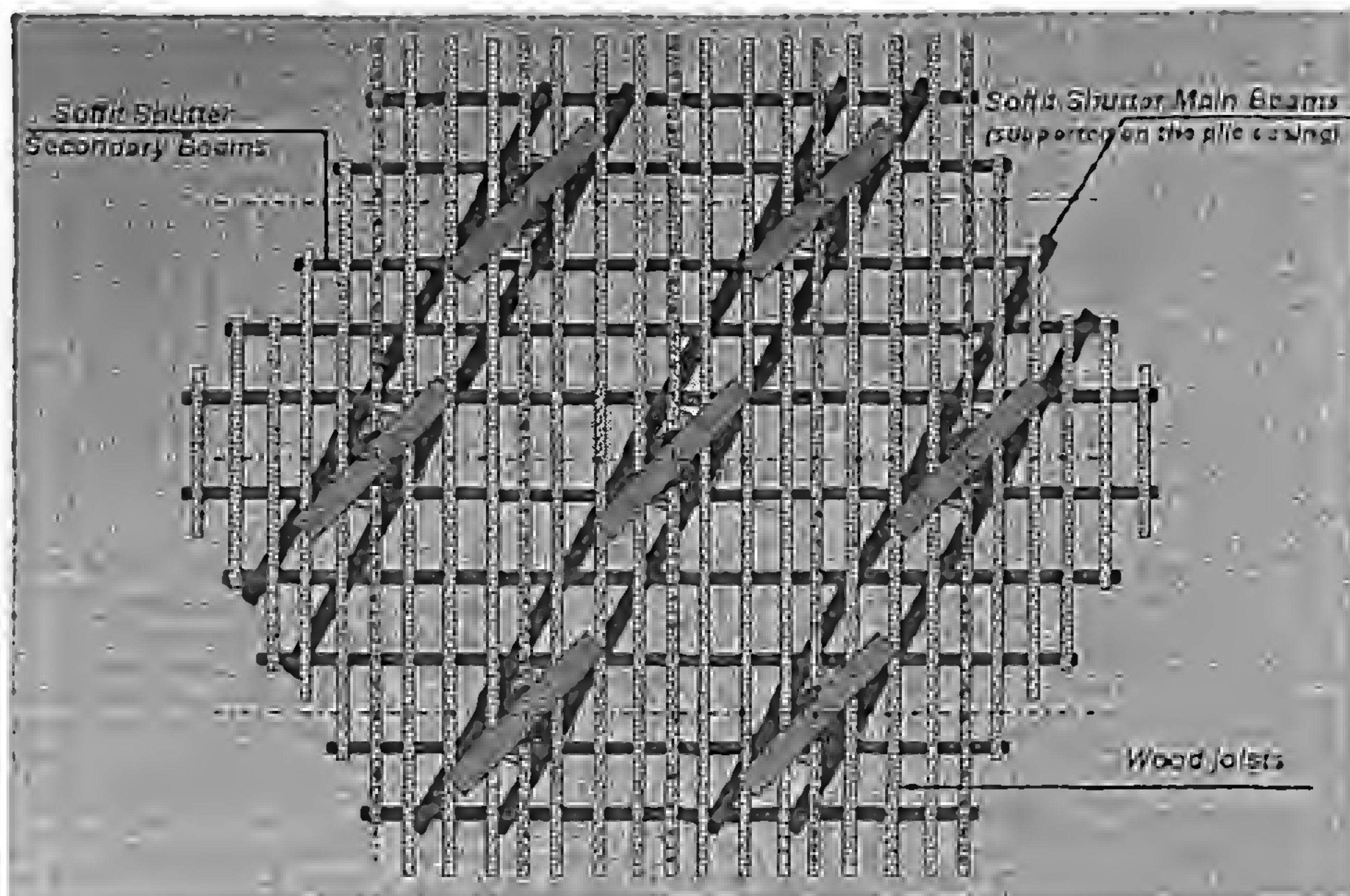
عمل شدة تطريح كمرات حديد وخشب فوق الخرسانة العادية لصل البامة

الخطوة الثانية



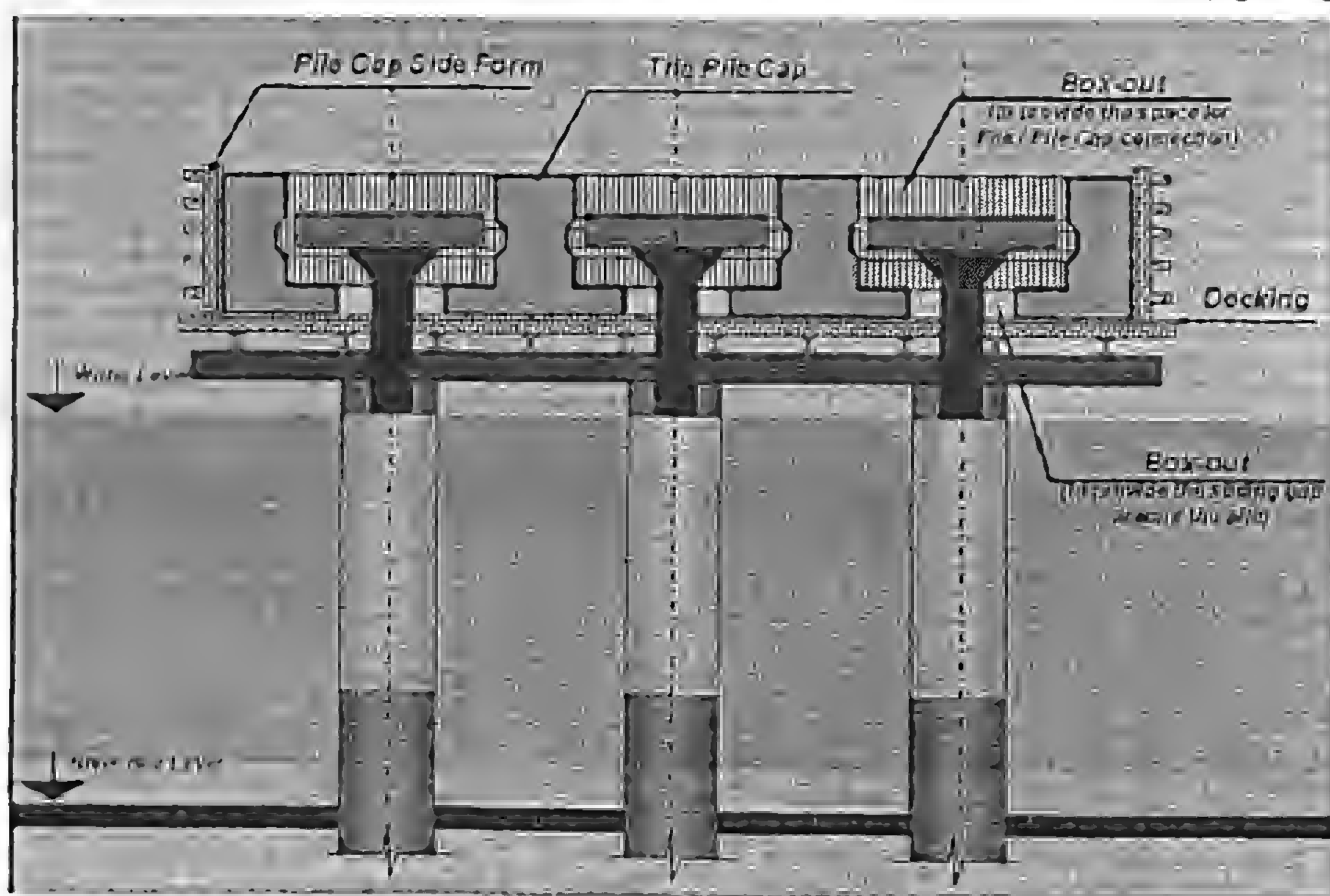
شكل الكمرات الحديد مع المواسير

الخطوة الثالثة



توزيعات الشدة الخشبية مع الكمرات المعدنية الحاملة

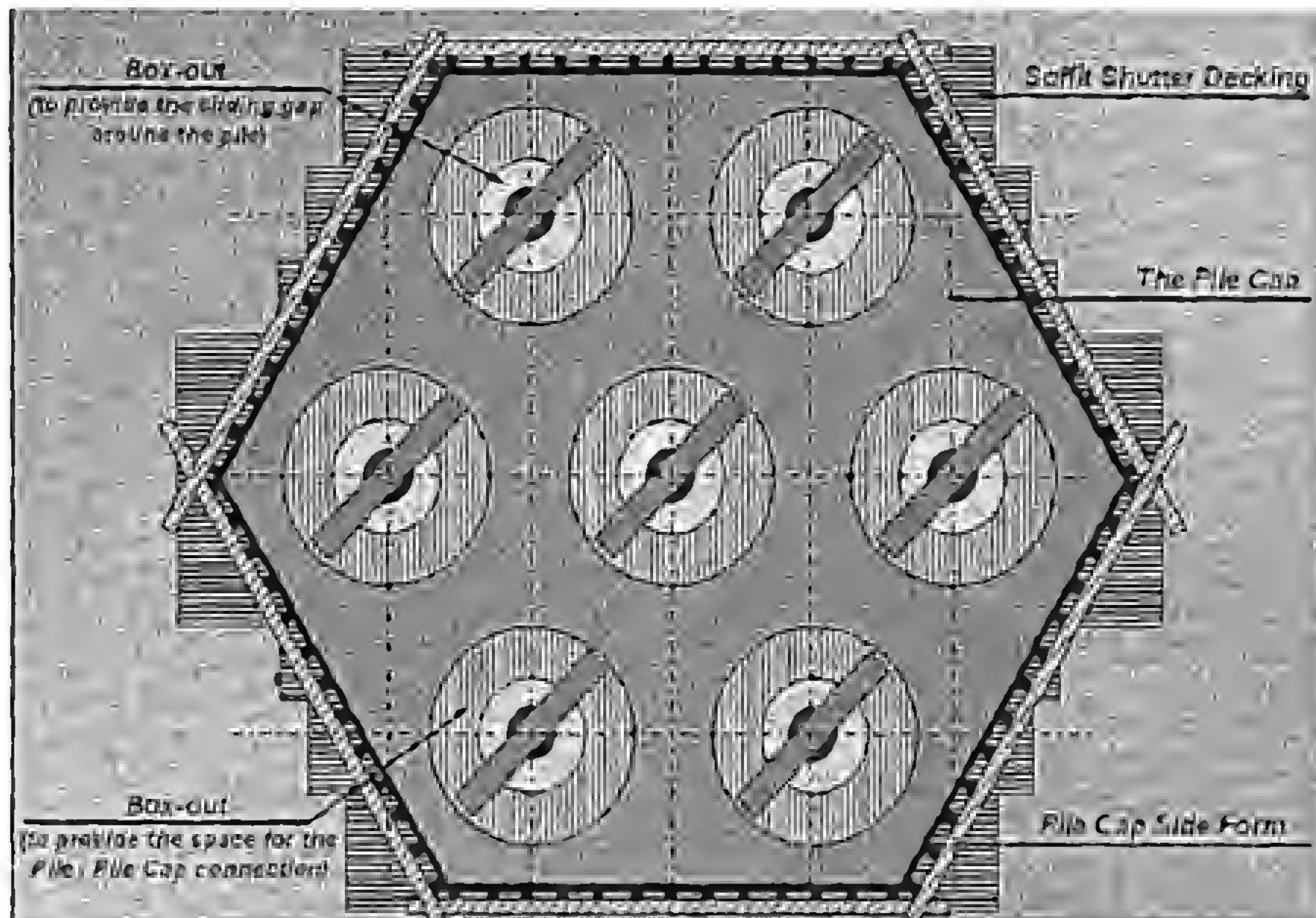
الخطوة الرابعة



١ - عمل الشدات الجانبية الخارجية لهامة الخوازيق

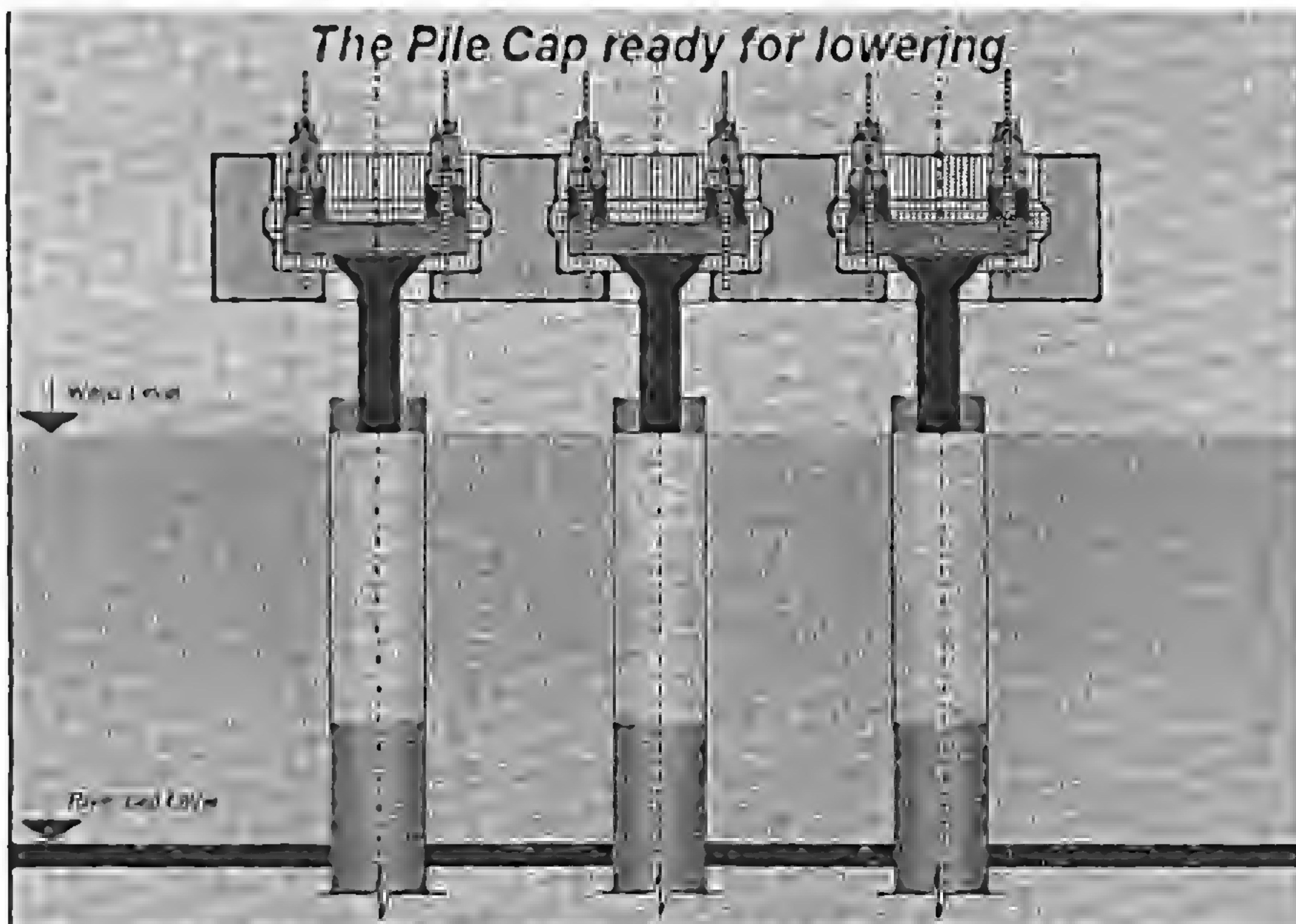
٢ - عمل صندوق عازل حول كل خازوق لخلق فراغ حول الروافع

الخطوة الخامسة



مسقط أفقي لهامة الخوازيق

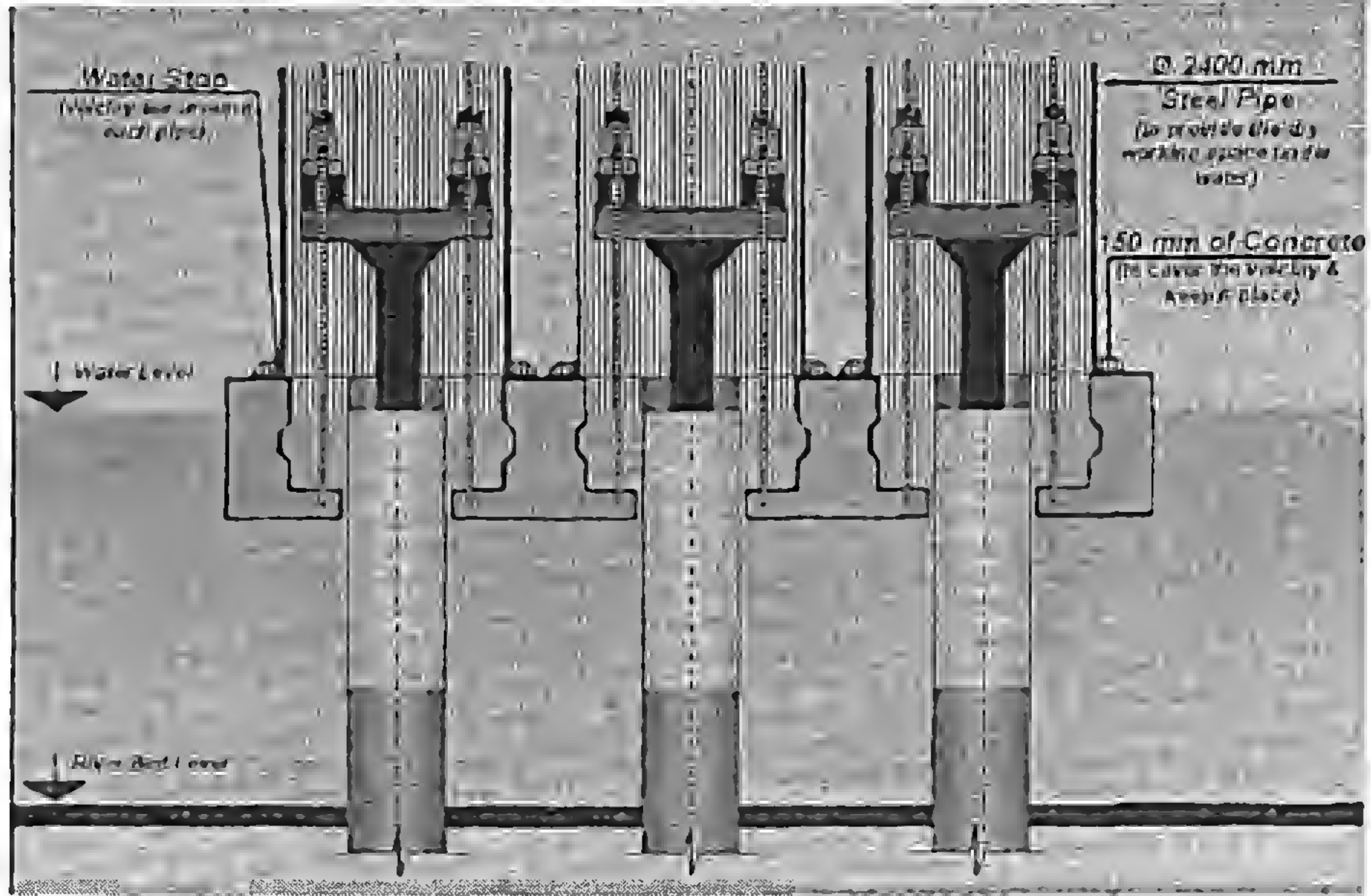
الخطوة السادسة



١ - تسليح وصب هامة الخوازيق ثم رفعها بالروافع

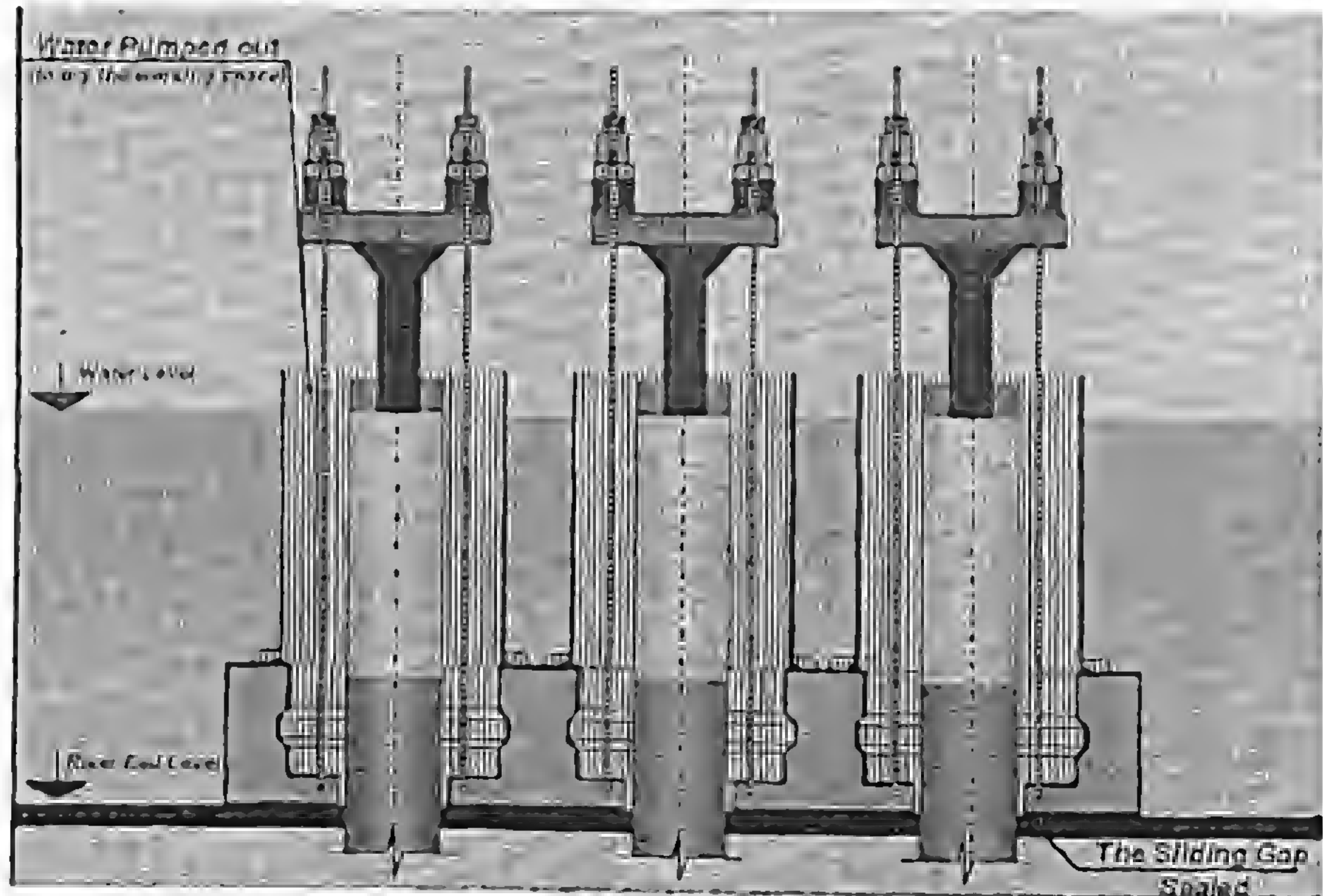
٢ - نزع وأزالة الشدة أسفل الهامة

الخطوة السابعة



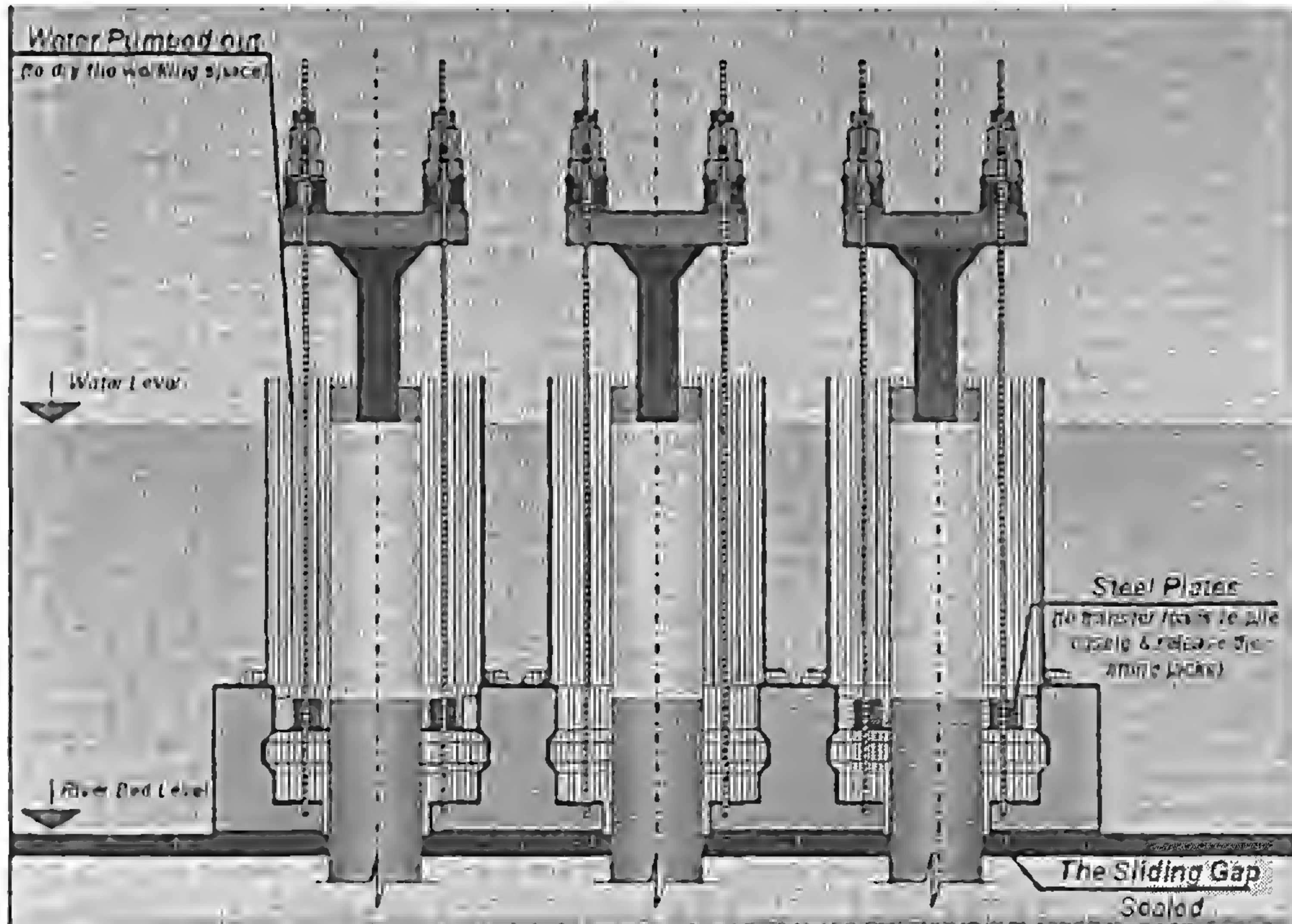
١ - تثبيت وعمل ماسورة قطر ٢,٤ م حول كل خازوق مع عزلها تماما من الخارج قبل النزول تحت سطح المياه لحماية الروافع

الخطوة الثامنة



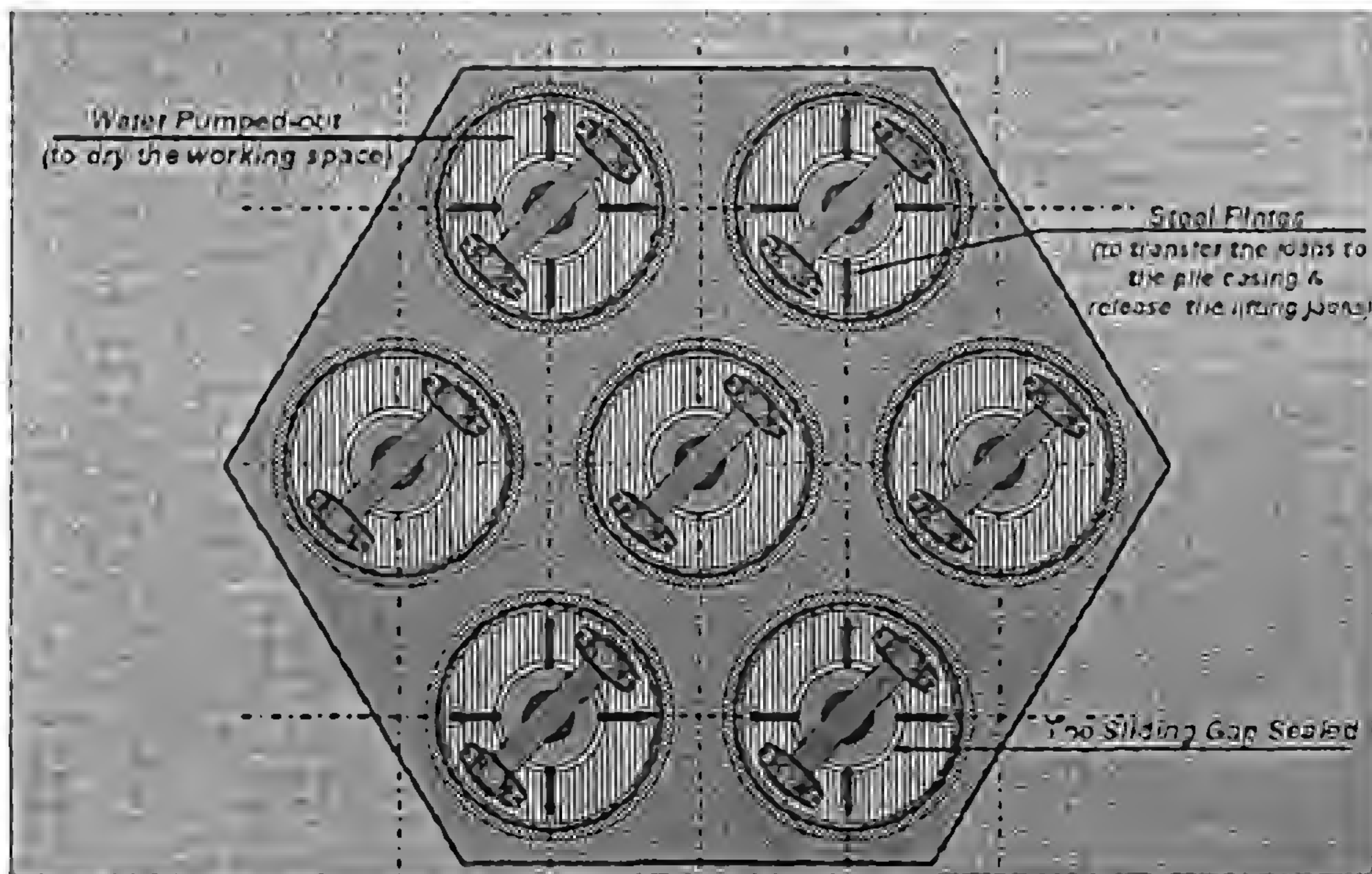
١ - تنزيل هامة الخوازيق الي منسوبها النهائي
٢ - عزل الفراغ الموجود بين الخازوق والهامة

الخطوة التاسعة



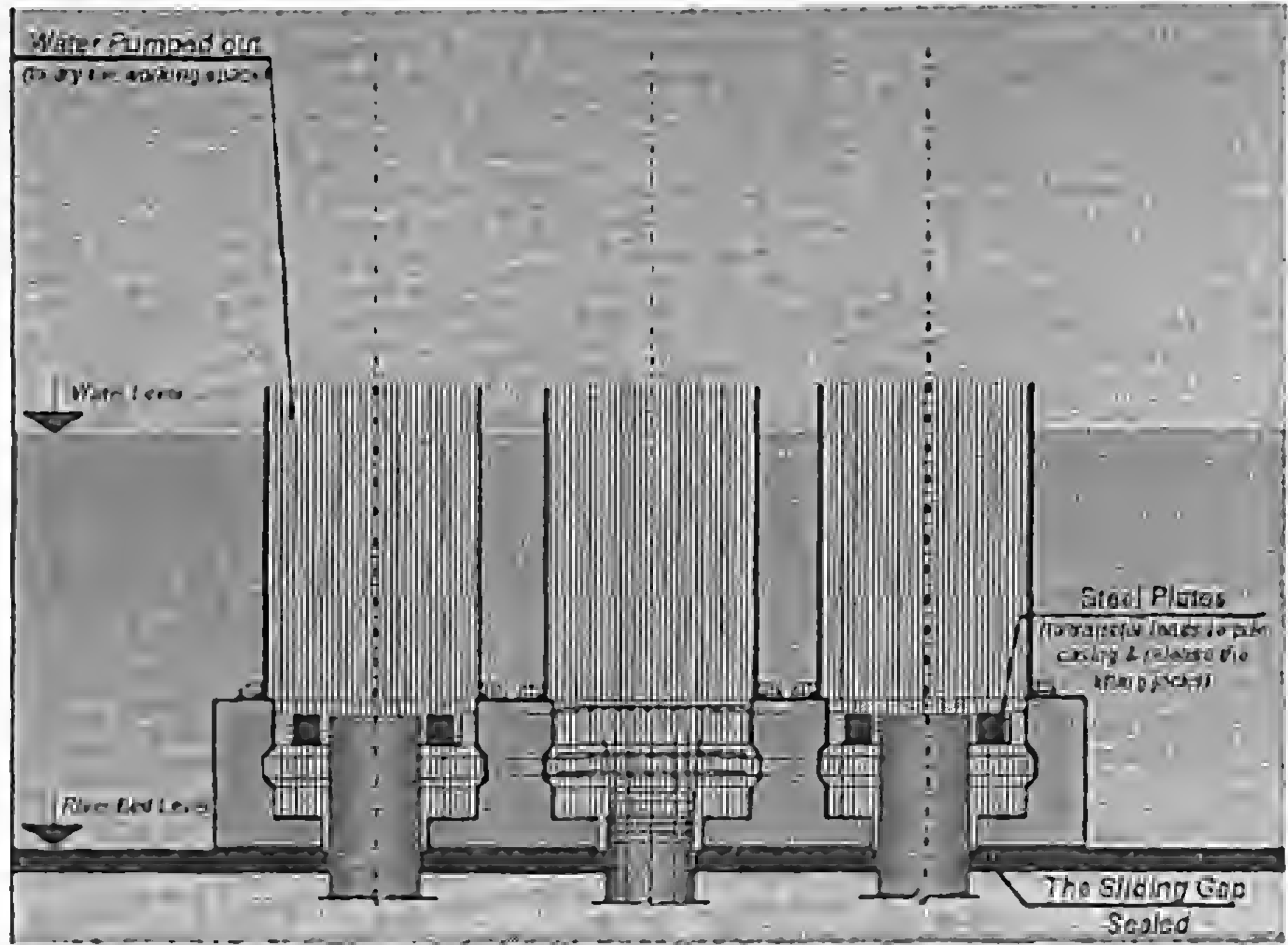
لحام ٤ شرائح معدنية حول كل خازوق لحمل وتثبيت الهامة بالخوازيق

الخطوة العاشرة



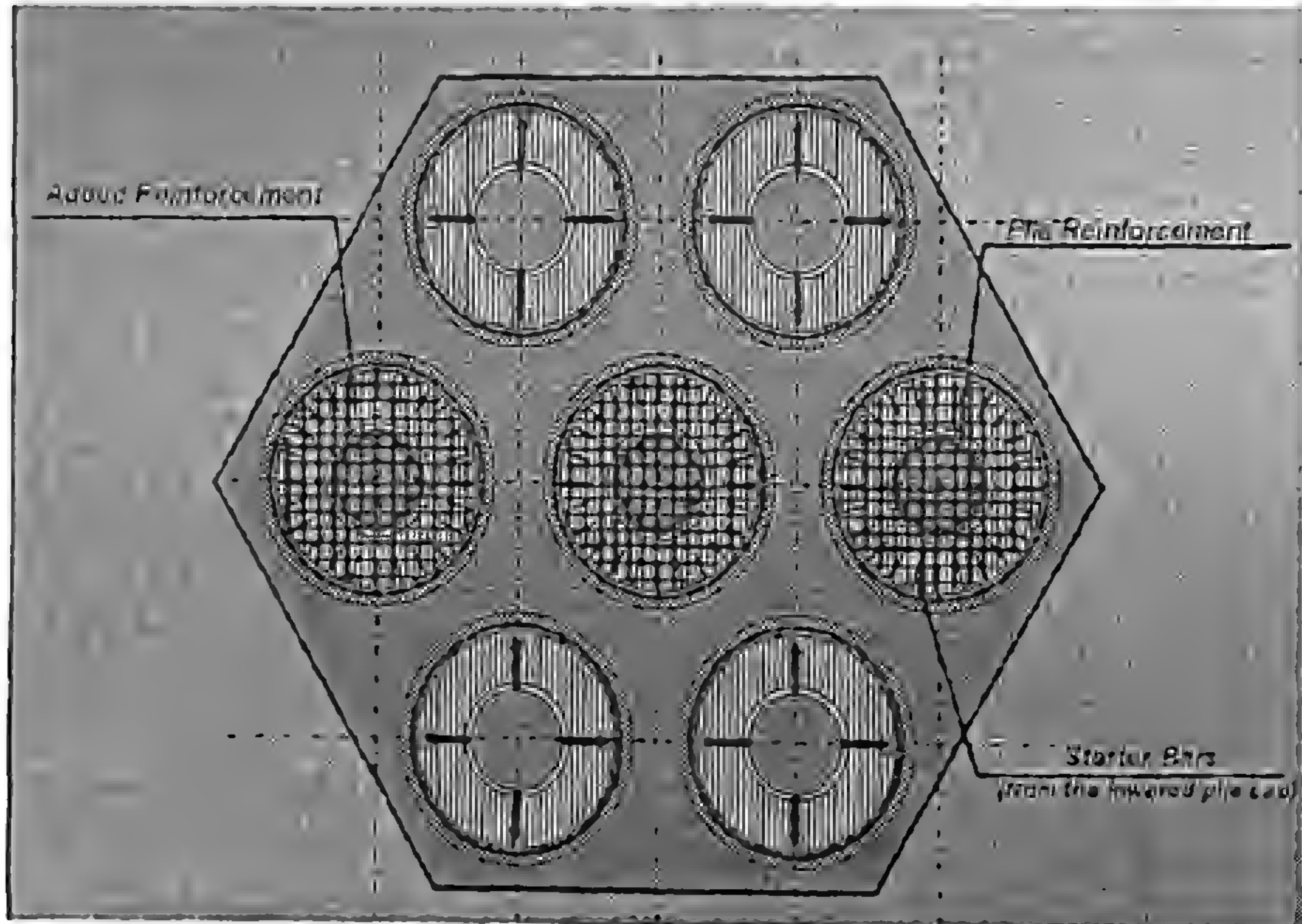
نزع المياه من كل خازوق

الخطوة الحادية عشر



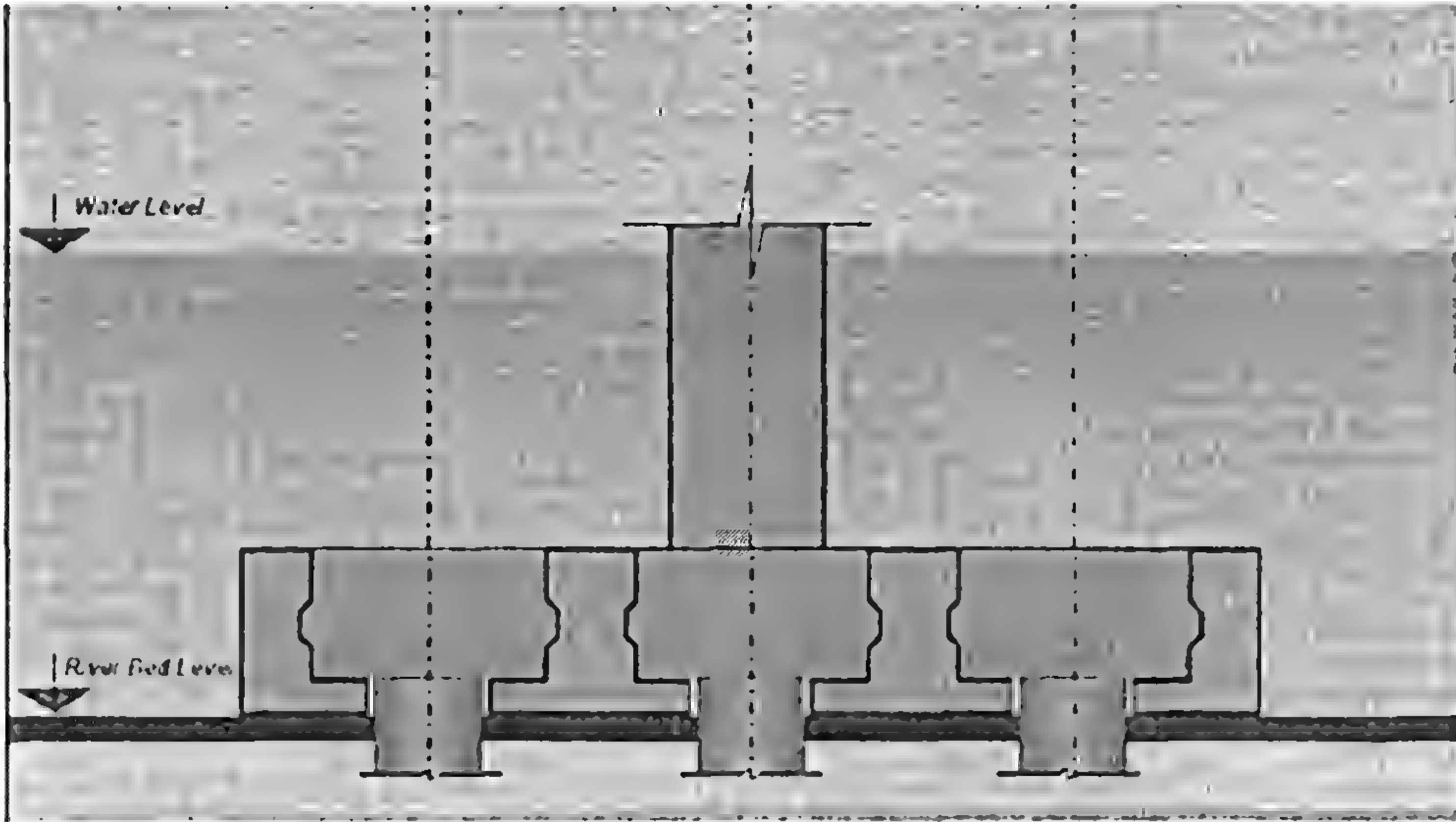
أزالة الروافع تكسير هامة الخوازيق لأظهار حديد التسليح

الخطوة الثانية عشر



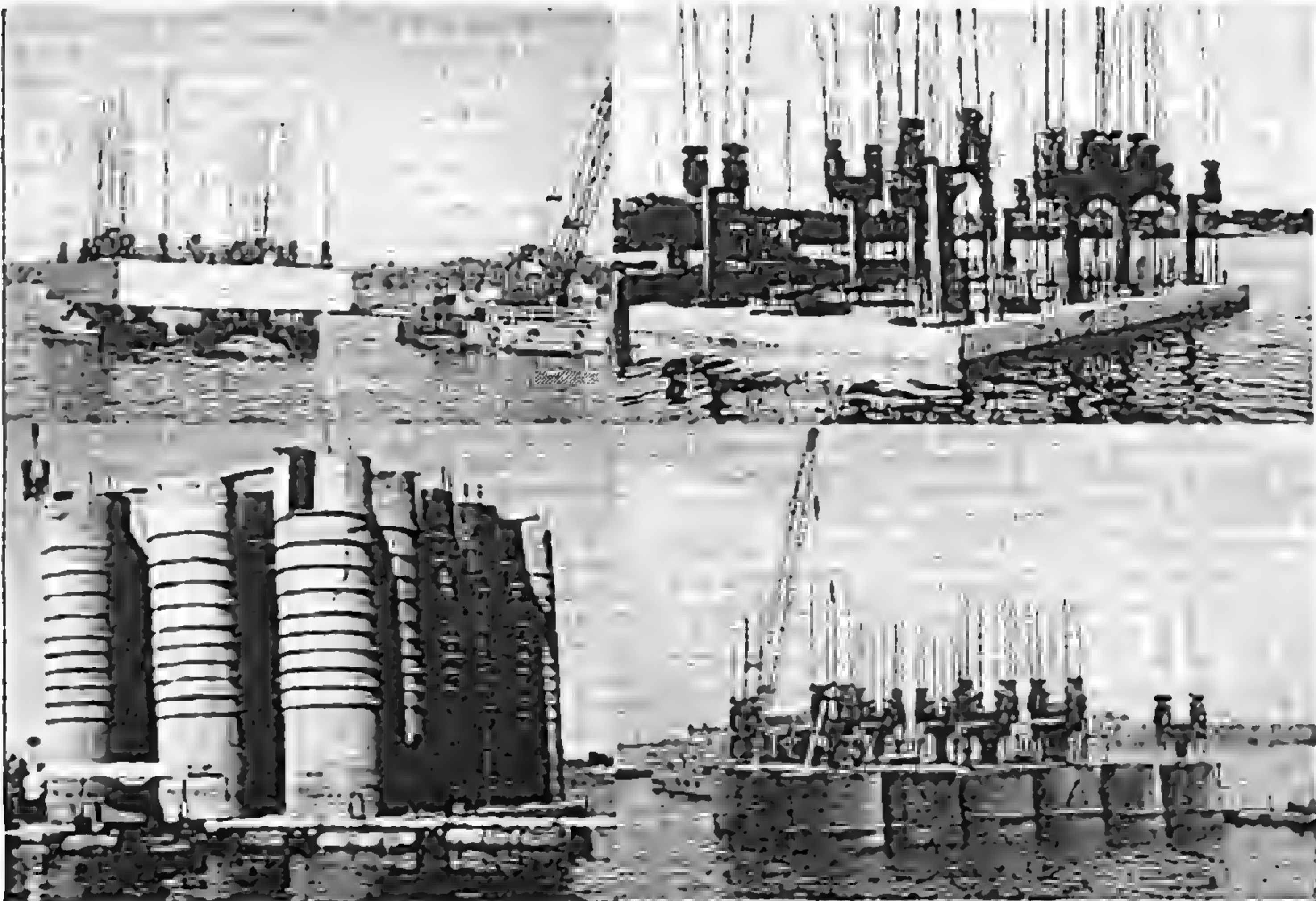
تسليح هامة الخوازيق

الخطوة الثالثة عشر



صب باقى هامة الخوازيق وعمود ارتكاز الكوبري

الخطوة الرابعة عشر



تنفيذ أساسات الكوبري على نهر النيل - منفذة على الطبيعة - جمهورية مصر العربية

شكل (٨)

تتابع تنفيذ هامة الخوازيق تحت الماء

ثانيا : الجزء تحت سطح الماء :

- ١ - استكمال تنزيل القاعدة إلى المنسوب النهائي لها تحت الماء.
 - ٢ - بعد قفل الفراغ بين الخوازيق والقاعدة ، يتم تجفيف الماء من داخل القاعدة.
 - ٣ - لحام ألواح معدنية لربط القاعدة بالغلاف الخارجي المعدني للخوازيق بعدد كاف لحمل وزن القاعدة .
 - ٤ - فك الروافع الهيدروليكية .
 - ٥ - إزالة الغلاف المعدني للخوازيق وتكسير الهامات وأظهار حديد التسليح - ربط حديد الخوازيق مع حديد القاعدة واستكمال الصب .
- ومما يجدر ذكره أن هذه الطريقة توفر ٥٠ % من التكلفة الإجمالية لقواعد الدعامات، و ٦٥% من معدلات التنفيذ ، كما تم تنفيذ دعائم كل من كوبري روض الفرج وكوبري ١٥ مايو بهذا الأسلوب .

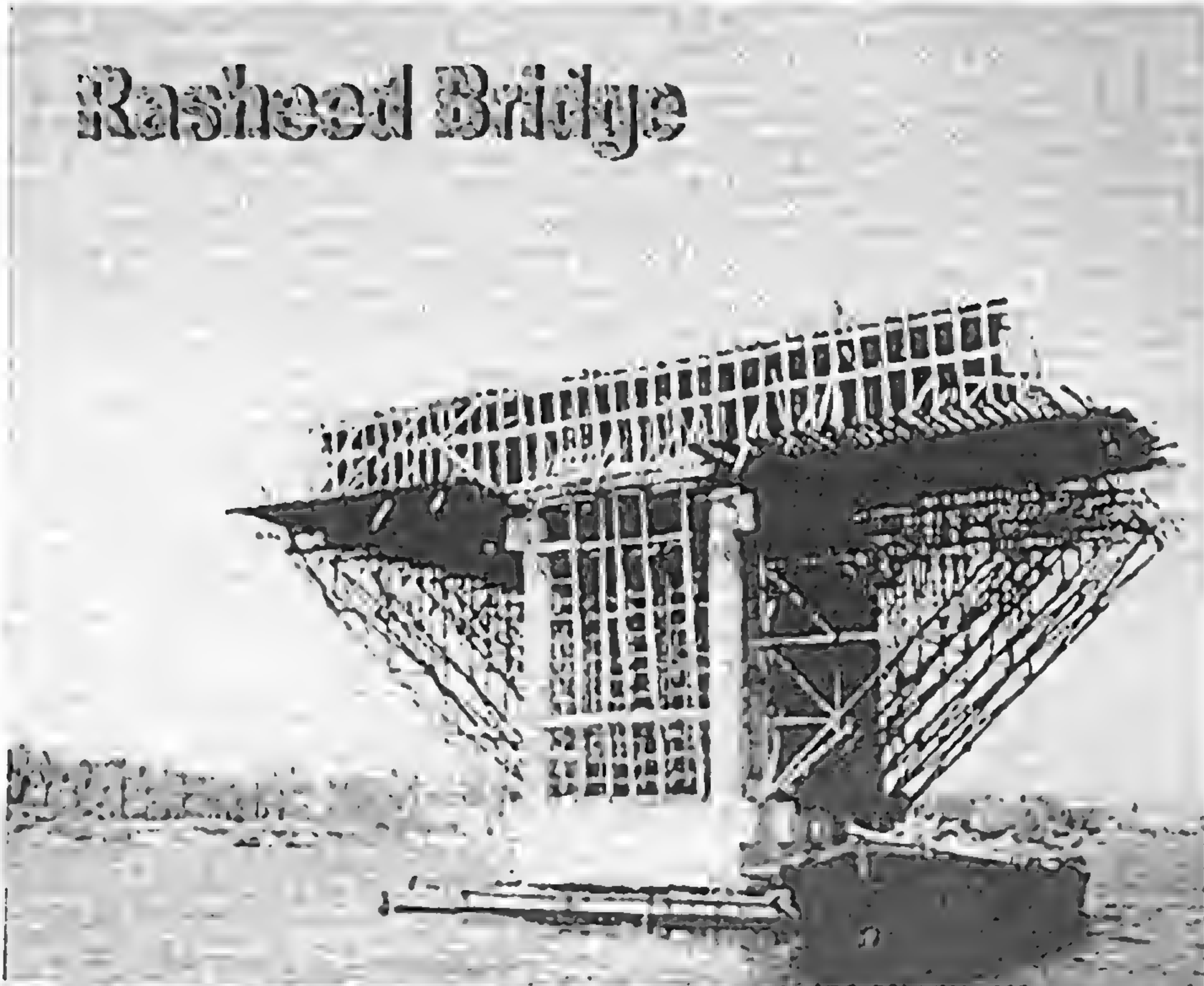
معدلات رفع وتغويص قواعد الكباري:

- يتم الرفع بمعدل ٧٥ سم / ساعة ، والتغويص بمعدل ٧٥ سم / ساعة .
- وعلي سبيل المثال : يتم رفع وتغويص قاعدة وزنها ١٠٠٠ طن لعدد ٢٠ خازوق في مده زمنية قدرها شهر واحد علي فترات متقطعة .

مجالات عمل الرفع الثقيل - تصميم وتنفيذ شركة ليفت سلاب مصر



Rasheed Bridge



Double cantilever steel bracket

كوبرى رشيد - عمل ورفع الشدة المعدنية للكوابيل



Steel Truss for new span

الأستعداد لصب بلاطة جديدة



SF2 DURING MANOEUVRE

مناورة تركيب الشدة المعدنية تمهيدا لصب خرسانات الكمرات والبلاطات بالكوبري



مناورة تركيب الشدة المعدنية تمهيدا لصب خرسانات الكمرات والبلاطات بالكوبري



رصيف خاص للشدة اللازمة لصب كمرات وبلاطة الكوبري



Climbing jacks With steel blocks for lifting the platform 400 tonnes.

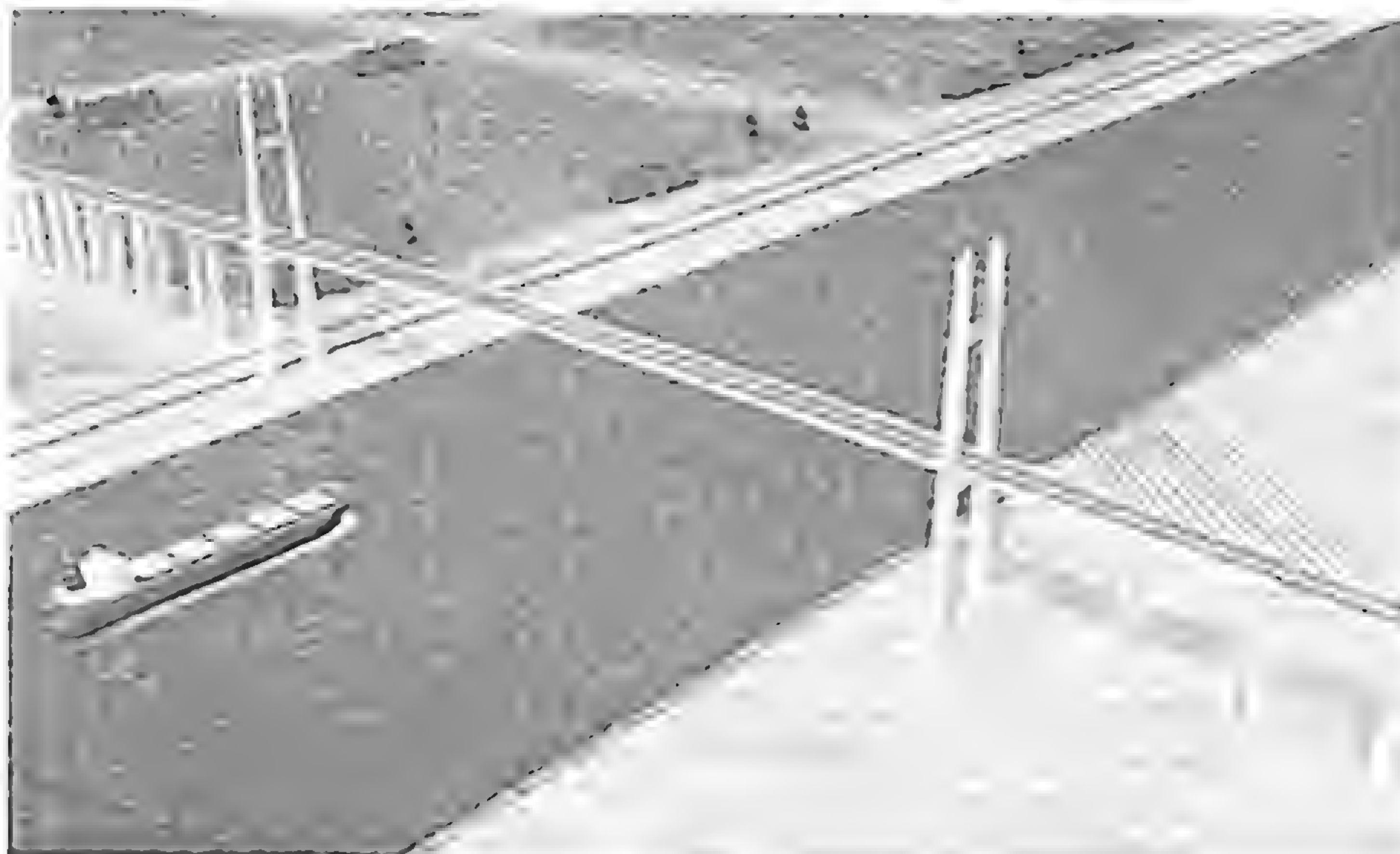
الروافع و الرصيف الخاص للشدة اللازمة لصب كميرات وبلاطة الكوبري



الشدة المعدنية في الوضع النهائي لها لصب بلاطة الكوبري

Suze Canal Bridge

Advanced shoring system
Height : 55m - Weight : 500 Ton

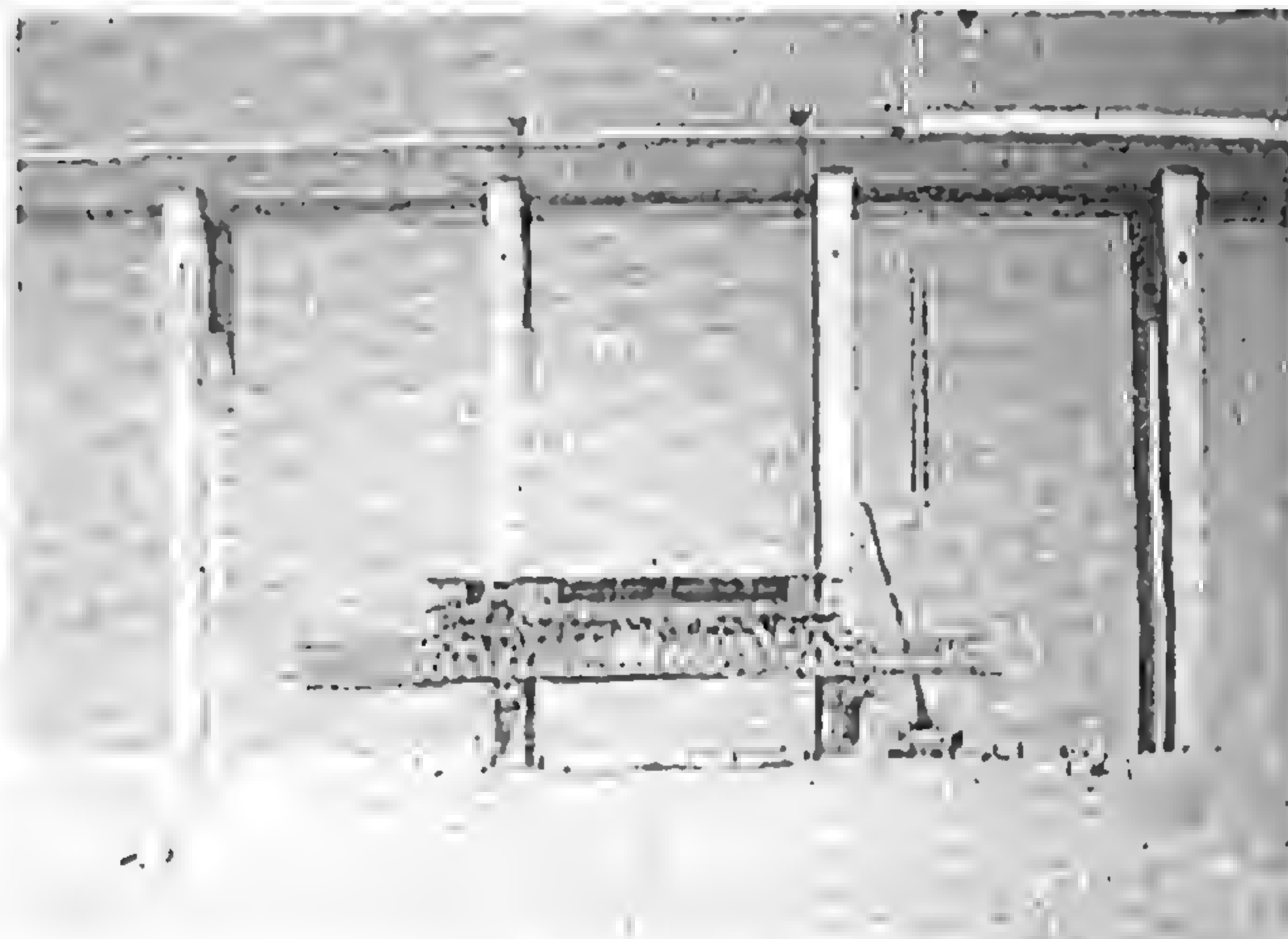


منظر عام لكوبري مبارك علي قناة السويس



رفع الشدة بشكل نهائي تمهيدا لصب البلاطة الخرسانية للكوبري

**Advanced
shoring system
during
Lowering process**



تنزيل الشدة بعد نهو نصب



SUZE CANAL BRIDGE

Advanced shoring system after lowering

الشدة المؤقتة بعد انتهاء العمل

أعمال متنوعة للرفع الثقيل

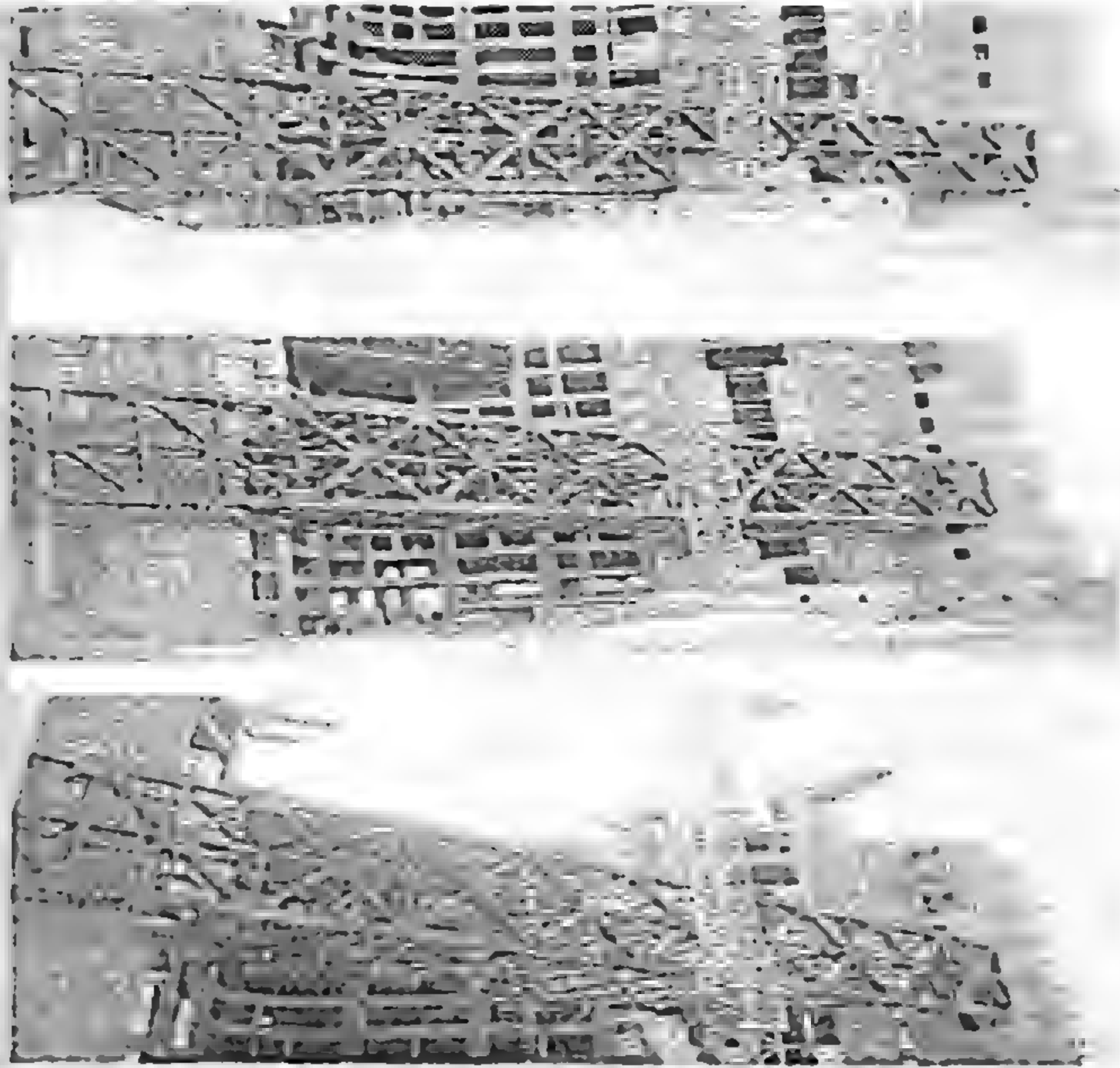
Space Frame

Weight : 400 ton

Height : 40 m.

Span : 63 m.

H. Sliding : 1.4m



نموذج تركيب سقف فراغي



السقف أثناء الرفع - بنك التعمير والإسكان - مدينة نصر

جمهورية مصر العربية

عملية تغيير أرتكاز معدني مهشم لأحد الكباري بأخر

The bridge was attacked by the fire which caused a complete damage for the bearing

Structural elements show deterioration, splitting or scour and collision damage without misalignment



منظر بين مدي النهشم عند منطقة الأرتكاز



منظر بين رفع الكوبري بروافع هيدروليكية مع تغيير الأرتكاز



الأرتكازات المهشمة

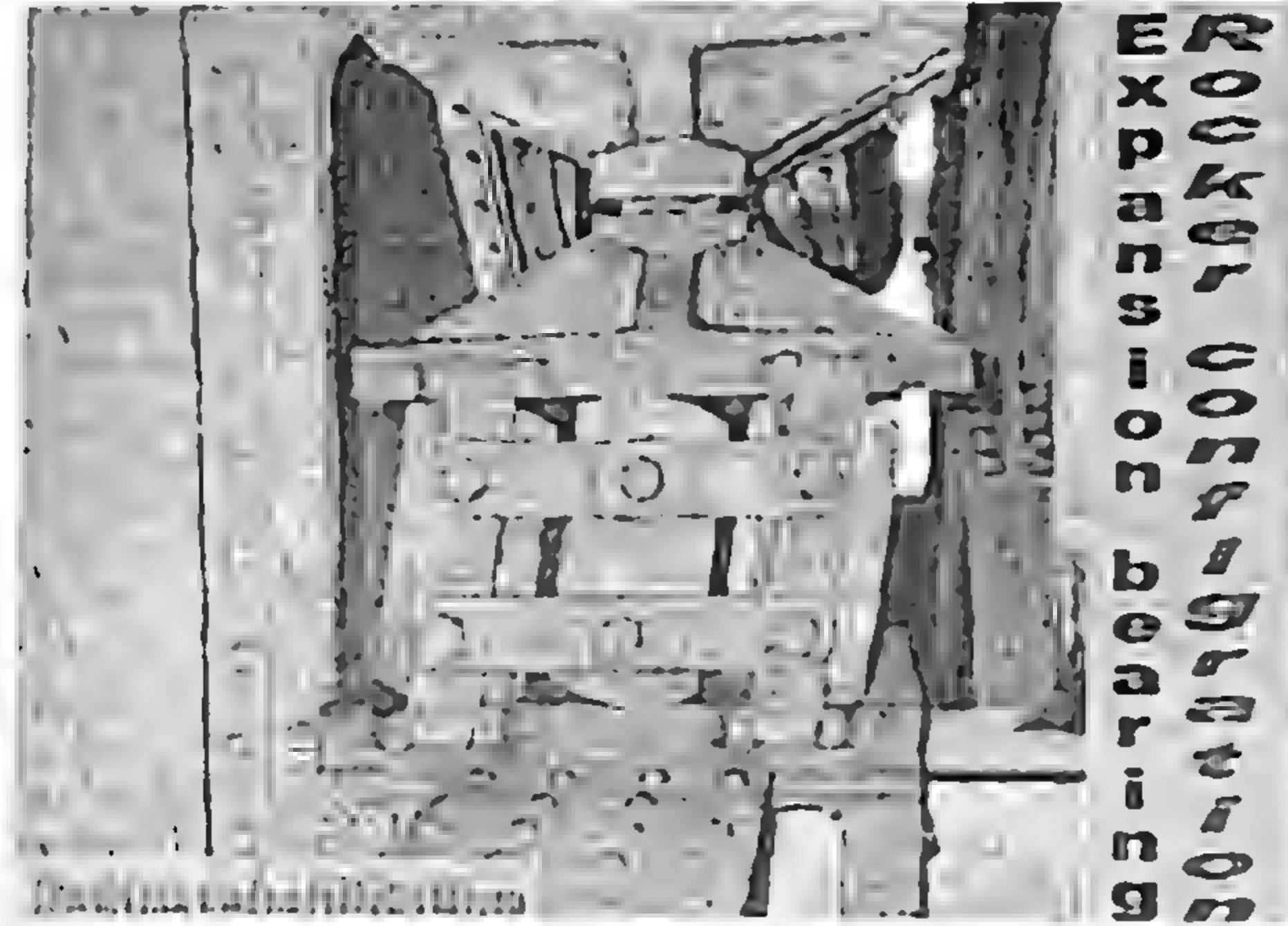
Free intersection bridge - Alexandria -



The bridge after rehabilitation

منظر عام للكوبري بعد الترميم والأصلاح

أصلاح أرتكاز الكوبري



شكل الأرتكاز المراد أصلاحه



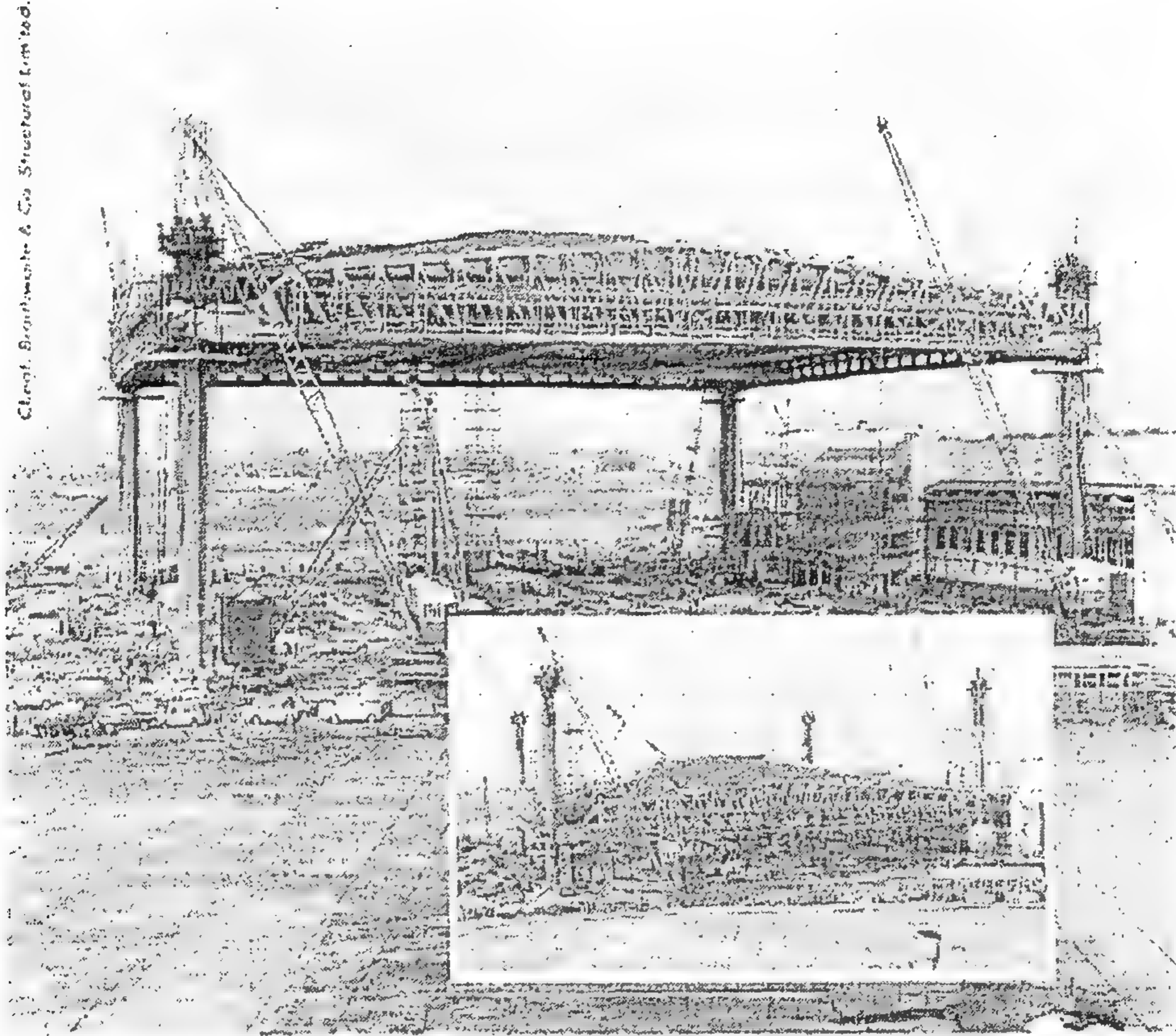
رفع الكوبري بالروافع ثم عمل أرتكاز مؤقت



شكل الأرتكاز بعد أنتهاء الأصلاح

رابعاً : الأسقف المعدنية :

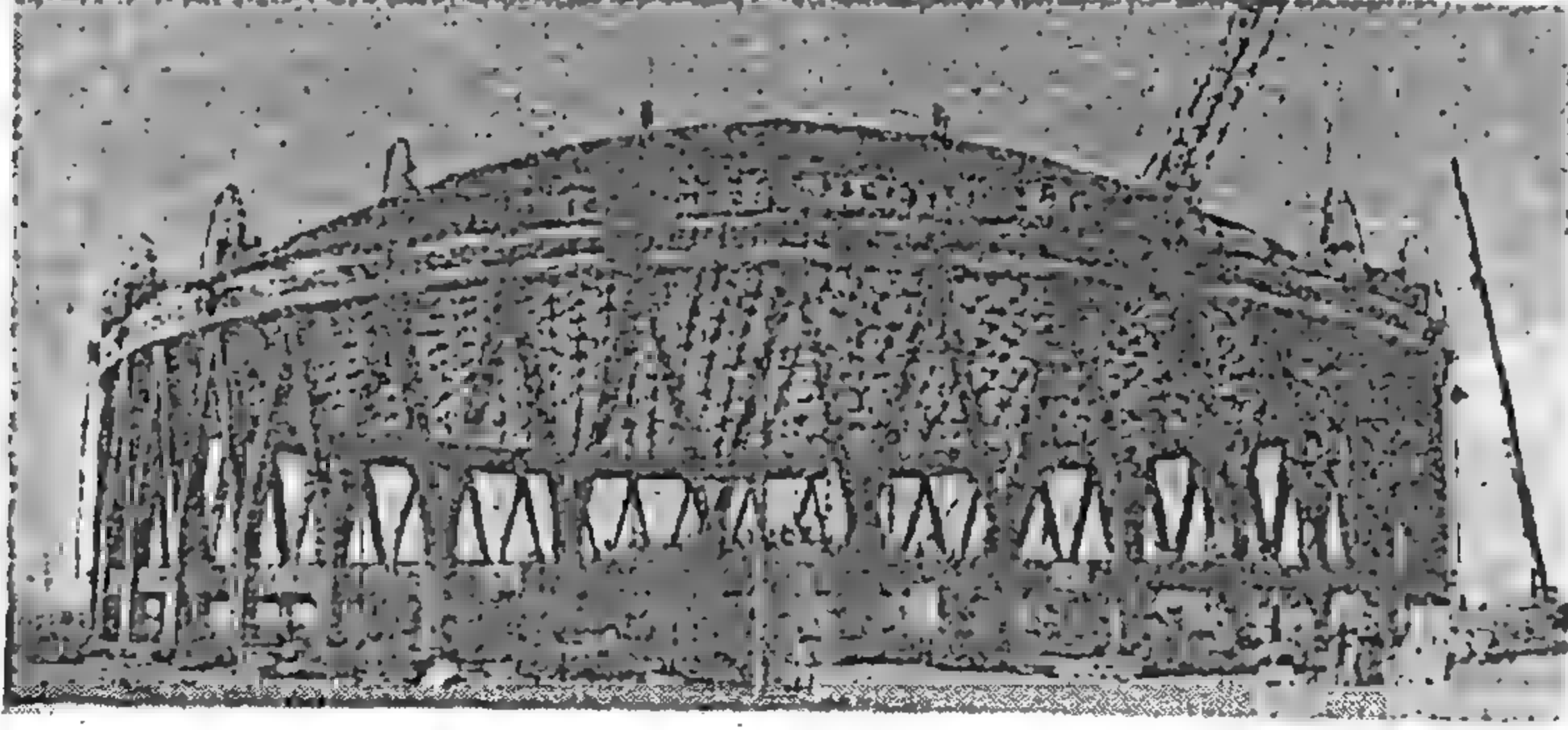
تم رفع سقف معدني (مطار هيثرو - لندن) وزن ٣٢٠٠ طن . أبعاد السقف ٩١,٥ متر × ٩١,٥ متر . وتم رفع السقف بارتفاع = ٢٠,٤ متر . قد أستغرق ذلك ٧ أيام عمل .



Lifting 3,200T structural steel roof, servicing hangar - Heathrow.

رفع سقف ثقيل ٣٢٠٠ طن - مبني الخدمات - مطار هيثرو - لندن

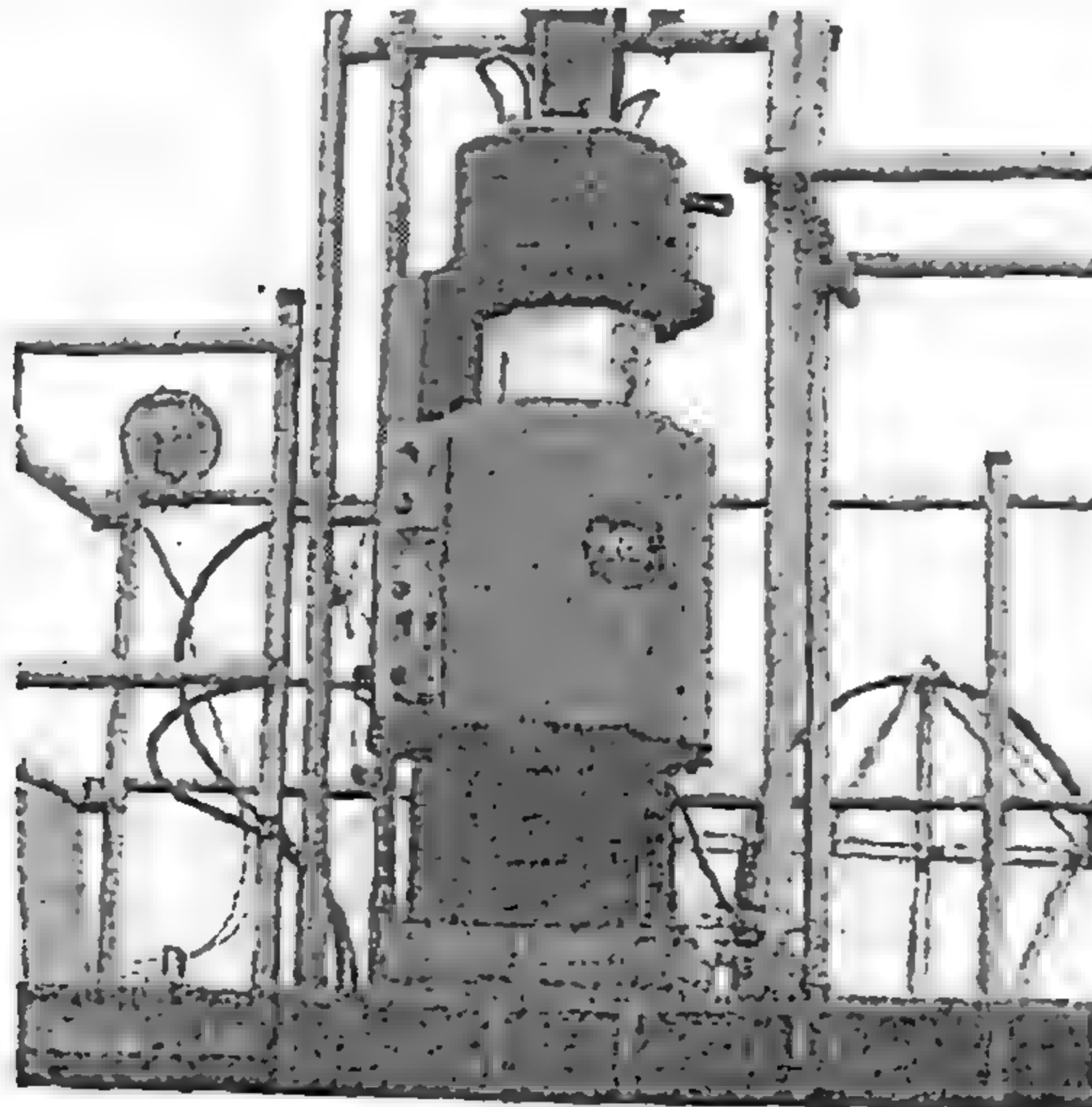
أنشاء ستاد تايوان :



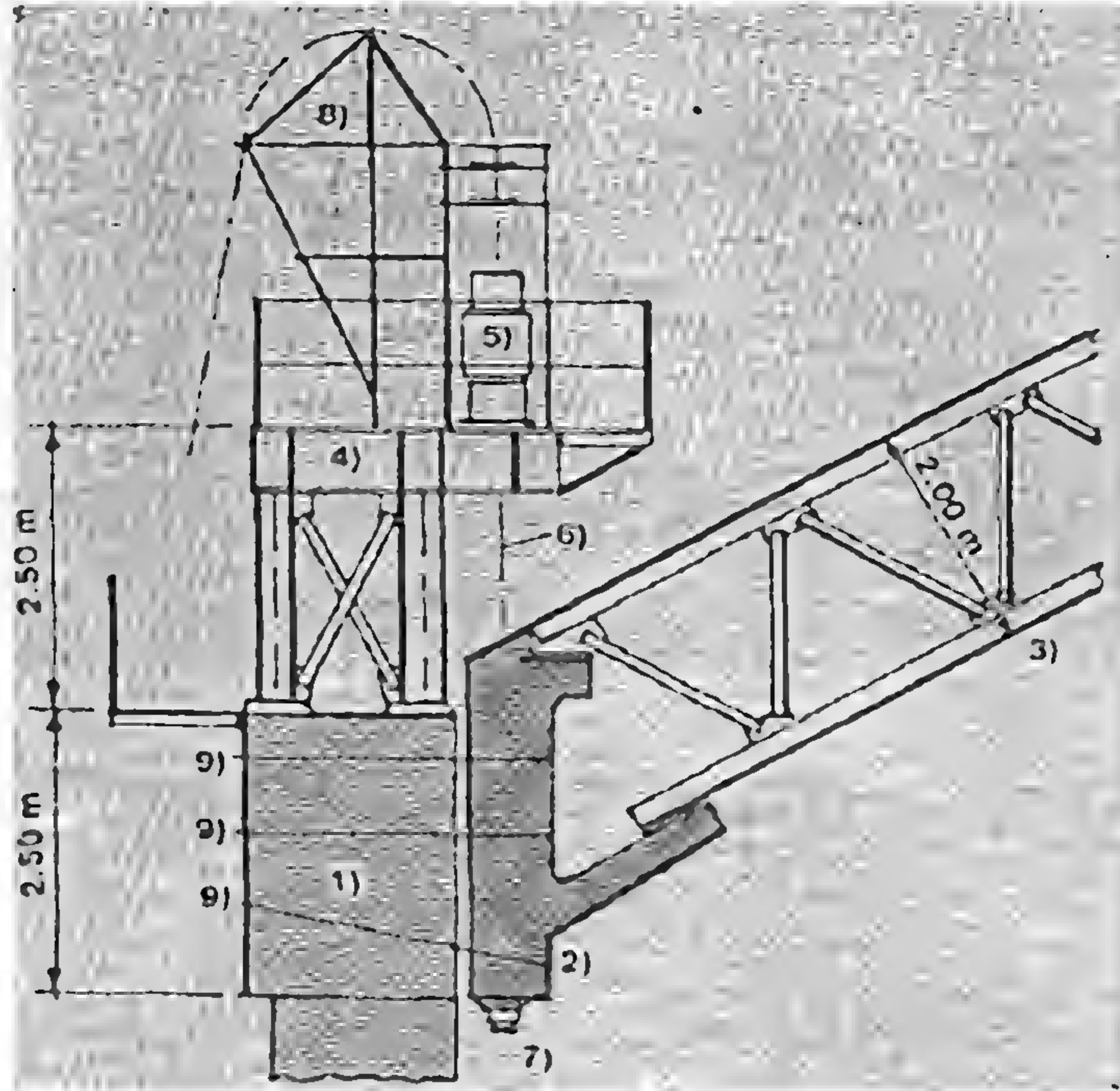
ستاد تايوان بعد أتمام الأنشاء - قطر ١٣٢ متر و ارتفاع ٤٧,٦ متر - وزن ٥٠٠٠ طن



منظر للقبة الحديدية من أعلي



الرافعة الهيدروليكية



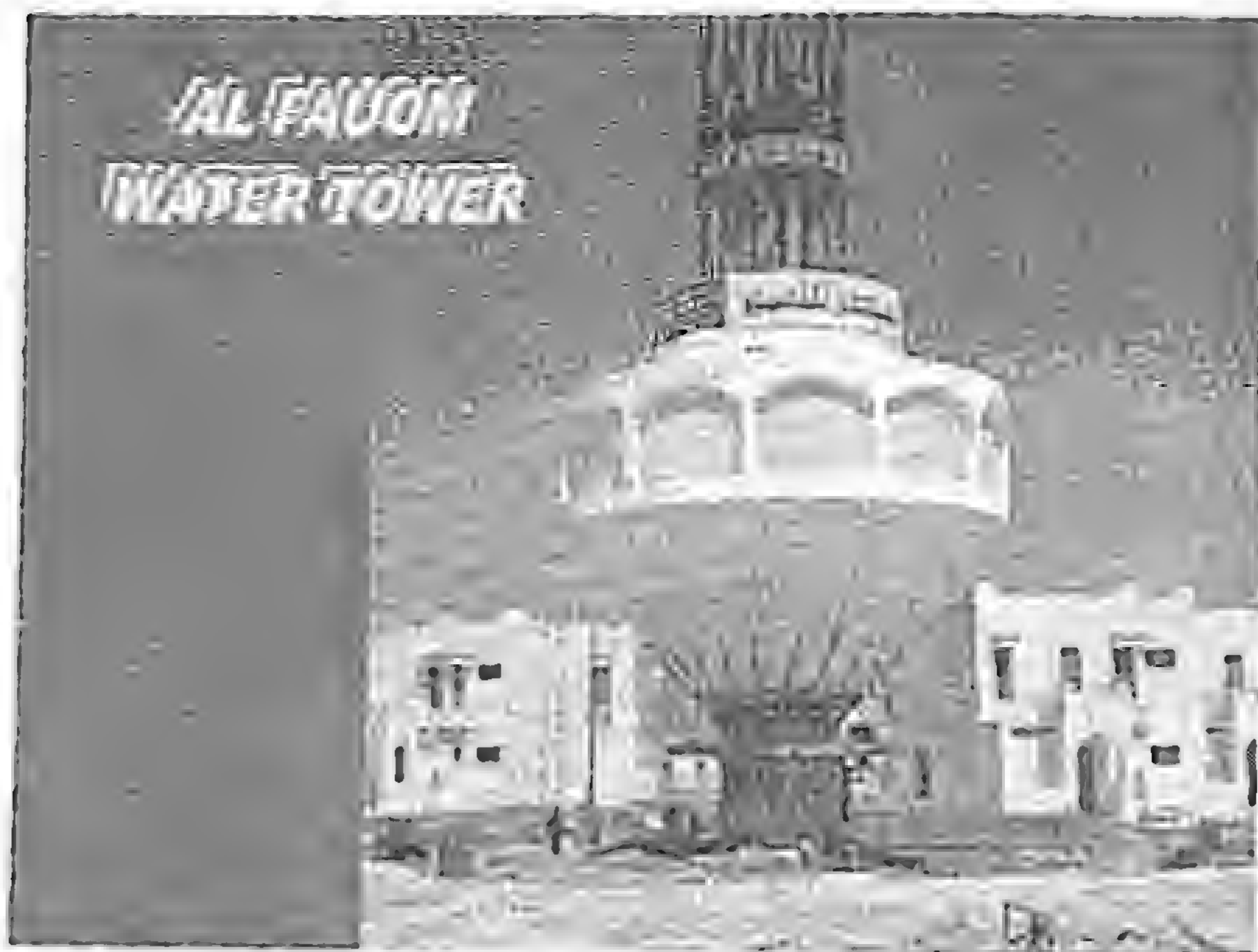
- ١- الكمرة الدائرية الخارجية ٤- أكتاز الروافع
- ٢- الكمرة الدائرية الداخلية ٥- الرافعة الهيدروليكية ٣٣٠ طن
- ٣- الهيكل الحديدي للقبة ٦- محور كابل الرفع
- ٧- رباط الكابل الرفع
- ٨- جهاز ضبط كابل الرفع
- ٩- محاور أسلاك الرباط النهائي

تفاصيل الرافعة الهيدروليكية



القبة تحت الأنشاء

رفع حلة خزان مياه الشرب بالفيوم - مصر :



خزان عالي - مدينة الفيوم

المراجع

- ١ - الكود المصري .
- ٢ - مذكرات معهد التدريب الفني والمهني للمقاولون العرب .
- ٣ - كتالوجات وصور لمشروعات الشركة المصرية لتطوير صناعة البناء -
ليفث سلاب مصر . المهندس / حسن إبراهيم .
- ٤ - إنشاء هامات (كاب) الخوازيق أسفل منسوب المياه
م / حسين حسني - م / أسامة الجرف - م / شوقي شكري .

المحتويات

٥ مقدمة

إنشاء الأنفاق

الفصل الأول

٧ تخطيط الأنفاق

الفصل الثاني

١٩ حوائط الديافرام

الفصل الثالث

٣٥ CUT AND COVER TUNNELS أنفاق الحفر المكشوف

الفصل الرابع

٤٥ الأنفاق بالدفع الهيدروليكي

الفصل الخامس

٧٣ Segmental tunnels الأنفاق المجزأة

الفصل السادس

١٣٣ ROCK TUNNELS الأنفاق في الصخور

الفصل السابع

١٦٣ MICRO TUNNELS الأنفاق ذات الأقطار الصغيرة

الفصل الثامن

٢٣٥ الأنفاق عند التقاطعات

الفصل التاسع

الحفر النفقي الموجه ٢٤٣

مترو أنفاق القاهرة

الفصل العاشر

شبكة مترو الأنفاق للقاهرة الكبرى ٢٥١

الفصل الحادى عشر

مراحل تنفيذ محطات مترو الأنفاق ٢٥٧

الفصل الثانى عشر

خطوات تنفيذ أعمال حقن التربة ٢٧٣

الفصل الثالث عشر

خطوات تنفيذ الحوائط اللوحية ٣٠١

الفصل الرابع عشر

تصنيع ونقل القطع الخرسانية المكونة لجسم النفق ٣١٧

الفصل الخامس عشر

حفر و إنشاء النفق مترو أنفاق القاهرة - المرحلة الثالثة ٣٢٣

إنشاء الكبارى

الفصل السادس عشر

أعمال المساحة و التخطيط للكبارى قبل البدء فى التنفيذ ٣٣١

الفصل السابع عشر

أساسات الكبارى ٣٣٩

الفصل الثامن عشر

طرق إنشاء الكبارى ٣٦٥

الفصل التاسع عشر

الخرسانة سابقة الأجهاد ٤١٧

الأسقف المرفوعة

الفصل العشرون

البناء بطريقه الأسقف المرفوعة ٤٤٩

الشدات المسلحة المنزلقة

الفصل الحادى و العشرون

الشدات المسلحة المنزلقة ٤٩٥

الرفع الثقيل

الفصل الثانى و العشرون

أعمال الرفع الثقيل ٥١٩

دار الكتاب العلمية للنشر والتوزيع

هـ شارع الشيخ ريحان - عابدين - القاهرة

٢٧٩٥٤٢٢٩ ☎

www.sbh-egypt.com

e-mail : sbh@link.net

Scientific Book House

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

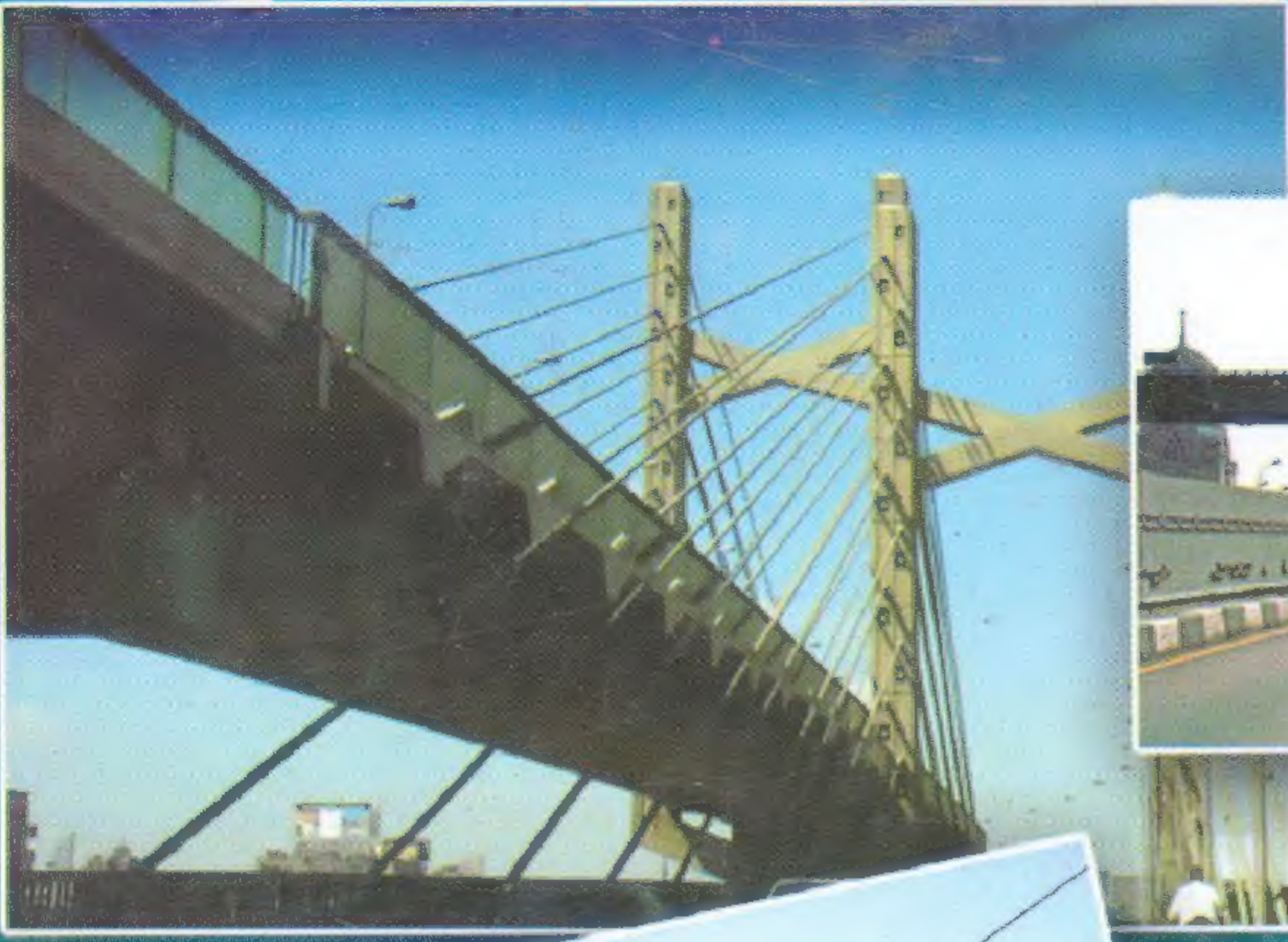
٥ شارع الشيخ ريحان - عابدين - القاهرة

٢٧٩٥٤٢٢٩ ☎

www.sbh-egypt.com

e-mail : sbh@link.net

Scientific Book House



يتناول هذا الكتاب شرحا وافيا لطرق التنفيذ للمشروعات المتميزة والتي تحتاج الي خبرات خاصة مثل الكباري والأنفاق و التي أصبحت تحتل جزءا كبيرا من اهتمامات الدولة و التي - بجانب ذلك - تعود بالنفع علي الأخوة زملاء المهنة من المهندسين .

كما يتناول الكتاب شرحا لطرق تكنولوجية لبعض الصعاب الهندسية التي تواجه المهندس مثل الرفع الثقيل للمنشآت مثل الكباري والخزانات والتي تساعد المهندس بدرجة كبيرة في إيجاد الحلول في التنفيذ ، و أيضا مثل الأسقف الخرسانية المرفوعة والشدات المنزلقة والتي تساهم في جودة فائقة للأعمال بجانب سرعة التنفيذ .

٩٢٢



ISBN 978-977-287-902-1



9 789772 879021

دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع

٥٠ شارع الشيخ ريحان - عابدين - القاهرة

٢٧٩٥٤٢٢٩ ☎

www.sbhegypt.org

e-mail: sbh@link.net